

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2004-184522

(43)Date of publication of application : 02.07.2004

(51)Int.Cl.

G02F 1/13

G02F 1/1334

G02F 1/31

(21)Application number : 2002-348535

(71)Applicant : RICOH CO LTD

(22)Date of filing : 29.11.2002

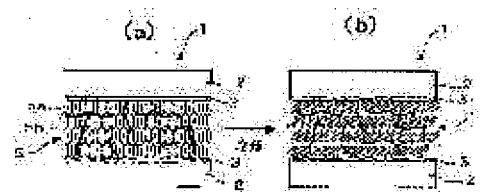
(72)Inventor : SUGIMOTO HIROYUKI  
TOKITA TOSHIAKI  
KOBAYASHI MASANORI  
MATSUKI YUMI

## (54) OPTICAL PATH DEFLECTOR

### (57)Abstract

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To speed up an optical path shifting motion by an optical deflector whose configuration is facilitated and to improve reliability by suppressing occurrence of an alignment defect caused by repeated use.

**SOLUTION:** In the optical path deflection element 1, a liquid crystal layer 5, which is filled between a pair of transparent substrates 2, 2 with homeotropic alignment layers 3 on the insides thereof and forms a homeotropically aligned chiral smectic C phase, is made to contain a monomer etc. of a polymer material and is maintained at a temperature of smectic A phase formation of the liquid crystal layer 5 so as to control the molecular orientation. Furthermore, after a fibrous or network texture 5b composed of the polymer material is formed by photopolymerization, the liquid crystal layer is cooled to a temperature of chiral smectic C phase formation. Thereby disturbance of liquid crystal molecules does not occur even when the liquid crystal layer 5 is thick.



\* NOTICES \*

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

## CLAIMS

---

[Claim(s)]

[Claim 1]

Have the following, switch an orientation direction of a liquid crystal element by the change of the direction of a driving electric field applied to this electrode pair, and a slope direction of an optical axis over a layer normal of said liquid crystal layer is switched, An optical path deflection element, wherein said liquid crystal layer contains an organization of fibrous or mesh shape in an optical path deflection element to incident light to said substrates face which switches an emitted light way from said substrates face.

A substrate of a transparent couple.

A liquid crystal layer which can form a chiral smectic C phase which makes a homeotropic orientation with which it filled up between these boards.

An electrode pair which forms a driving electric field in the direction parallel to said substrates face in this liquid crystal layer.

[Claim 2]

An optical path deflection element characterized by thickness of said liquid crystal layer being not less than 10 micrometers in the optical-path polarizing element according to claim 1.

[Claim 3]

An optical path deflection element, wherein said optical axis at the time of a non-electric field inclines in the direction of a driving electric field to a layer normal of said liquid crystal layer in the optical-path polarizing element according to claim 1 or 2.

[Claim 4]

An optical path deflection element currently forming in an optical-path polarizing element of any one statement of claim 1 thru/or 3 when said organization polymerizes by a photopolymerization initiator in either [ at least ] a monomer or a prepolymer.

[Claim 5]

An optical path deflection element to which a liquid crystal layer which includes said organization in the optical-path polarizing element according to claim 4 is characterized by light transmittance in the case of said photopolymerization being not less than 80%.

[Claim 6]

An optical path deflection element, wherein said organization makes it polymerize in a temperature region which shows a smectic A phase which makes a homeotropic orientation in the optical-path polarizing element according to claim 4 or 5.

[Claim 7]

In the optical-path polarizing element according to claim 4 or 5, said organization, An optical path deflection element making it polymerize where an AC electric field is impressed in the direction parallel to said substrates face in said liquid crystal layer, it cooled from temperature of a smectic A phase to temperature of a chiral smectic C phase and said AC electric field is impressed.

[Claim 8]

An optical path deflection element, wherein said organization makes it polymerize in the optical-

path polarizing element according to claim 4 or 5 where a direct-current electric field of a different direction from the time of optical deflection operation is impressed in a temperature region which shows a chiral smectic C phase.

[Claim 9]

An optical path deflection element which carries out the feature of said organization having a liquid crystallinity skeleton as a substructure in an optical-path polarizing element of any one statement of claim 1 thru/or 8.

[Claim 10]

An optical path deflection element, wherein said organization is polymerized and formed in liquid crystallinity di(meth)acrylate with a methylene spacer between a liquid crystal frame and two acryloyloxy groups in the optical-path polarizing element according to claim 9.

[Claim 11]

An optical path deflection element, wherein said organization is polymerized and formed in liquid crystallinity (meta) acrylate with a methylene spacer between a liquid crystal frame and one acryloyloxy group in the optical-path polarizing element according to claim 9.

[Claim 12]

An optical path deflection element, wherein said organization is polymerized and formed in liquid crystallinity (meta) acrylate without a methylene spacer between a liquid crystal frame and one acryloyloxy group in the optical-path polarizing element according to claim 9.

[Claim 13]

An optical path deflection element having a polarization direction control means which sets up a polarization direction of incident light to said optical path deflection element in the direction parallel to a direction which projected said optical axis on a substrates face in an optical-path polarizing element of any one statement of claim 1 thru/or 12.

[Claim 14]

A polarization plane rotation means to rotate a plane of polarization of emitted light of said optical path deflection element in the predetermined direction in the optical path deflection element according to claim 13, having the 2nd optical-path polarizing element that makes incident light emitted light after polarization plane rotation -- said optical-path polarization means -- this -- an optical path deflection element being arranged and becoming so that a liquid crystal layer normal line direction of the 2nd optical path deflection means may be abbreviated-coincided and an electric field direction of both optical path deflection means may become a predetermined angle.

[Claim 15]

An image display element which has an optical path deflection element of any one statement of claim 1 thru/or 14 and in which two or more controllable pixels arranged light in two dimensions according to picture information, A light source and a lighting system which illuminate an image display element, and an optical apparatus for observing an image pattern displayed on an image display element, By displaying an image pattern in the state where a display position has shifted from a display driving means which forms an image field in two or more subfields divided in time according to deflection status of an optical path for every subfield. An image display device carrying out multiplication of the pixel number on appearance of an image display element, and displaying it.

[Claim 16]

Carry out parallel arrangement of the substrate of a transparent couple at the predetermined intervals, and an electrode pair which forms a driving electric field in the direction parallel to this substrates face is arranged, In a manufacturing method of an optical path deflection element which forms a liquid crystal layer which can form a chiral smectic C phase which makes a homeotropic orientation between these boards, A manufacturing method of an optical path deflection element characterized by polymerizing by a photopolymerization initiator in either [ at least ] a monomer or a prepolymer after said liquid crystal contained a monomer or a prepolymer, poured in this liquid crystal between said substrates and has formed a homeotropic orientation state.

[Claim 17]

A manufacturing method of an optical path deflection element, wherein transmissivity of said liquid crystal layer when performing a polymerization by said light in a manufacturing method of the optical path deflection element according to claim 16 is not less than 80%.

[Claim 18]

A manufacturing method of an optical path deflection element polymerizing in a temperature region which shows a smectic A phase in which said liquid crystal layer makes a homeotropic orientation in a manufacturing method of the optical path deflection element according to claim 16 or 17.

[Claim 19]

In a manufacturing method of the optical path deflection element according to claim 16 or 17, where an AC electric field is impressed in the direction parallel to said substrates face in said liquid crystal layer, A manufacturing method of an optical path deflection element polymerizing where it cooled from temperature of a smectic A phase to temperature of a chiral smectic C phase and said AC electric field is impressed.

[Claim 20]

[Claim 17] A manufacturing method of an optical path deflection element characterized by polymerizing where a direct-current electric field of a different direction from the time of optical deflection operation is impressed in a temperature region which shows a chiral smectic C phase in a manufacturing method of the optical path deflection element according to claim 16 or 17.

[Translation done.]

**\* NOTICES \***

JPO and INPI are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

## DETAILED DESCRIPTION

### [Detailed Description of the Invention]

[0001]

## [Industrial Application]

This invention relates to the image display device using the optical path deflection elements and optical deflection devices into which the direction of light is changed with an electrical signal and these optical path deflection elements, or an optical deflection device. An optical path shift element is used for electronic display devices, such as a projection display and a head mount display, etc.

0002

### [Description of the Prior Art]

The term used in this specification is defined in advance of explanation of conventional technology.

An "optical path deflection element" means the optical element which emitted light is shifted in parallel, or the optical path of light is rotated with a certain angle to a deviation, i.e., incident light, or can switch an optical path combining the both with the electrical signal from the outside. In this explanation, the size of that shift shall be called a "shift amount" in the optical path deflection by parallel shift. An "optical path deflection device" means the device which deflects the optical path of light including such an optical path deflection element.

[0003]

[0006] The image display element which arranged two or more controllable pixels for light in two dimensions with the "pixel shift device" according to picture information at least, The optical member for observing the light source which illuminates an image display element, and the image pattern displayed on the image display element, It has an optical deflection means deflect the optical path between an image display element and an optical member for two or more subfields of every by which the image field was divided in time, The optical path deflection means in the image display device which carries out multiplication of the apparent pixel number of an image display element, and displays it by displaying the image pattern in the state where the display position has shifted according to the deviation of the optical path for every subfield by the optical path deflection means is meant. Therefore, it can be said that it is possible fundamentally to apply the optical path deflection element and optical path deflection device by the above-mentioned definition as an optical path deflection means.

〔0004〕

the former — an optical path deflection — an element — it  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  (ing) (KDP) and as an optical element,  $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$  (ADP),  $\text{LiNbO}_3$ . A big material of the first electrooptic effects (Pockels effect), such as  $\text{LiTaO}_3$ , GaAs, and CdTe, The acoustooptics device using materials, such as an electrooptics device using a big material of the second electrooptic effects, such as KTN,  $\text{SrTiO}_3$ ,  $\text{CS}_2$ , and nitrobenzene, glass, silica,  $\text{TeO}_2$ , is known (for example, nonpatent literature 1 reference). In order for these to obtain the general sufficiently big amount of optical path deflections, it is necessary to take long light path length and, and since material is

expensive, the use is restricted.

[0005]

on the other hand, the optical path deflection using a liquid crystal material -- an element -- the optical element is also proposed [ various ], and when several of the examples are given, there is an example of a proposal as shown below.

For the purpose of reducing the loss of the light of a light space switch, the optical beam shifter which consists of an artificial birefringent plate is proposed (for example, patent documents 1. reference). The optical beam shifter which has arranged mutually the transparent substrate of a rust form which goes away two sheets for reverse in contents, and sandwiched the liquid crystal layer between these transparent substrates, And the optical beam shifter which connected said optical beam shifter to the rear face of a matrix form deflection control element is proposed, combine, arrange mutually the transparent substrate of a rust form which goes away two sheets for reverse, and matrix driving is possible between these transparent substrates, In the optical beam shifter which sandwiched the liquid crystal layer which carries out the half-cell shift of the incident light beam, it carries out and the optical beam [ half-cell \*\* et al. ] shifter which carried out multi stage connection is proposed.

[0006]

The optical deflection switch which it is possible to acquire a big deviation, and deflection efficiency is high, and can moreover set up a deflection angle and deviation distance arbitrarily is proposed (for example, patent documents 2. reference). Perpendicular orientation processing is performed to the field to which carried out the placed opposite of the transparent substrate of two sheets at the predetermined intervals and which it was made to specifically counter, It is the liquid crystal element provided with the drive which encloses the liquid crystal of a smectic A phase between transparent substrates, carries out perpendicular orientation to said transparent substrate, arranges an electrode pair so that an AC electric field can be impressed to a smectic layer and parallel, and impresses an AC electric field to an electrode pair. That is, it enables it to change the angle of refraction of the polarization which enters into a liquid crystal layer, and the displaced direction with the double reflexes by the inclination of a liquid crystal element using the electroclinic effect by the liquid crystal of a smectic A phase.

[0007]

In the former patent documents 1, since the nematic liquid crystal is used for the liquid crystal material, it cannot use for a use [ it is difficult to speed up speed of response even at a submillimeter second, and ] to be switched high-speed.

In the latter patent documents 2, although the liquid crystal of the smectic A phase is used, since a smectic A phase does not have spontaneous polarization, high-speed operation cannot be expected.

[0008]

Next, several art by which the conventional proposal is made about the pixel shift device is mentioned, and is explained.

In the projection display device which carries out extended projection of the picture displayed on the display device on a screen according to a projection optical system, A means to shift the projection picture which has at least one or more pieces for the transparent element which has at least one or more pieces and a birefringence effect for the optical element which can circle in the polarization direction of the transmitted light in the middle of the optical path from said display device to said screen, The numerical aperture of said display device is reduced effectually, and there is a projection display device provided with a means by which the projection area of each pixel of a display device is discretely projected on said screen (for example, patent documents 3. reference).

[0009]

In the patent documents 3, the projection picture shifting means (pixel shifting means) which has at least one or more pieces for the transparent element (it is called a double refraction element) which has at least one or more pieces and a birefringence effect for the optical element (it is called an optical rotation element) which can circle in a polarization direction is

performing the pixel shift. In order to use it as a problem combining an optical rotation element and a double refraction element, a light volume loss is large, A pixel shift amount is changed with the wavelength of light, and resolution falls easily, It is mentioned to the position besides the pixel shift in which a picture originally is not formed from the mismatch of the optical property of an optical rotation element and a double refraction element that the cost for that it is easy to generate optical noises, such as a ghost by light leaking, and element-izing is large etc.  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  (KDP) which was especially mentioned above in the double refraction element, It is remarkable when a big material of the first electrooptic effects (Pockels effect), such as  $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$  (ADP),  $\text{LiNbO}_3$ ,  $\text{LiTaO}_3$ , GaAs, and CdTe, is used.

[0010]

Sample in checkers the picture which should be displayed essentially which was accumulated in the image storage circuit to a pixel selection circuit, make it display and project on a spatial-light-modulation machine one by one by a control circuit, and further by a control circuit. There is a projector which reproduced the picture which should be displayed essentially by time composition by making it correspond to this display, controlling a panel rocking mechanism, and moving the adjacent pixel pitch distance of a spatial-light-modulation machine for an integer every [ 1 ] (for example, patent documents 4. reference). While enabling the display of a picture with the resolution of the integral multiple of the pixel of a spatial-light-modulation machine by this, composition of a projector is cheaply enabled using the coarse spatial-light-modulation machine of a pixel, and the easy optical system.

[0011]

However, in the patent documents 4, the pixel shift method made to rock at high speed is indicated by only distance smaller than a picture element pitch, and the element for image display itself in this method. Since the optical system is being fixed, there is little generating of several aberration, but in order to carry out parallel translation of the image display element itself correctly and at high speed, the accuracy and endurance of a flexible region are required and vibration and a sound pose a problem.

[0012]

In order to raise the resolution of a display image seemingly, without making the pixel number of image display devices, such as LCD, increase, Each of two or more pixels arranged in the lengthwise direction and the transverse direction by emitting light according to a display pixel pattern, Between the image display device with which a picture is displayed, and a watcher or a screen, The device it was made to display on an image display device the display pixel pattern in the state where the optical member which changes an optical path for every field was allotted, and the display position has shifted according to change of said optical path for every field is proposed (for example, patent documents 5. reference). A change of said optical path is made by making it the part where refractive indicees differ here appear in an image display device, a watcher, or the optical path between screens by turns for every field of picture information.

[0013]

In the patent documents 5, as a means to change an optical path, the combination mechanism of an electrooptics element and a double refraction material, A lens shift mechanism, a variangle prism, a rotary mirror, rotation glass, etc. are described, Although the method which displaces optical elements, such as a lens, a light reflector, and a birefringent plate, by a voice coil, a piezoelectric element, etc. other than the method which combines the above-mentioned optical rotation element and a double refraction element (parallel translation, inclination), and changes an optical path is proposed, In this method, since an optical element is driven, composition becomes complicated and cost becomes high.

[0014]

-izing of the rotary machine element can be carried out [ unnecessary ], the whole miniaturization, and high degree of accuracy and high-resolution-izing can be realized, and the light beam deflector which moreover cannot receive influence of vibration from the outside easily is proposed (for example, patent documents 6. reference). The piezoelectric element of the translucency specifically arranged the advance on the street of an optical beam, In order to

change the light path length between the transparent electrode provided in the surface of this piezoelectric element, and the optical beam entrance plane A of a piezoelectric element and the optical beam emission face B and to deflect the optic axis of an optical beam, it has the voltage applying means which impresses voltage to a piezoelectric element via an electrode.

[0015]

Although the method to which pinches the piezoelectric element of translucency by a transparent electrode, thickness is changed by impressing voltage, and an optical path is shifted is proposed in the patent documents 6, a comparatively big transparent piezoelectric element is needed and there is the same problem as the case of the above-mentioned patent documents 5 -- apparatus cost rises.

[0016]

[Patent documents 1]

JP,6-18940,A (the 2nd page, claims 1 and 2, paragraph 0004)

[Patent documents 2]

JP,9-133904,A (the 3rd page, paragraphs 0017-0019)

[Patent documents 3]

The patent No. 2939826 gazette (claim 1, the 4-5th page, Drawing 4-5)

[Patent documents 4]

JP,5-313116,A (claim 1, the 1-2nd page, Drawing 1)

[Patent documents 5]

JP,6-324320,A (the 5th page, Drawing 5)

[Patent documents 6]

JP,10-133135,A (the 3-4th page, paragraphs 0020-0024)

[Nonpatent literature 1]

Volume for Masaharu Aoki An "optoelectronic device", the 1st \*\* of the first edition, Japan, Shokodo, October 31, Showa 61, p.119-161

[0017]

[Problem(s) to be Solved by the Invention]

As mentioned above, in the optical path deflection device which attained simplification and a miniaturization of composition in the Prior art, optical path shift operation cannot fully be accelerated. With the optical deflection device aiming at improvement in the speed of optical path shift operation, it has problems accompanying complication of an equipment configuration, and complication of an equipment configuration, such as high-cost-izing and enlargement of a device.

Artificers do abbreviated perpendicular orientation of the liquid crystal element which consists of a chiral smectic C phase which makes a homeotropic orientation between the substrates of a couple, as opposed to a liquid crystal layer -- abbreviated -- it found out enabling a high-speed pixel shift with comparatively easy composition by the optical path deflection element of composition of making it change towards a request of the direction of a liquid crystal element by generating an electric field in the parallel direction, and performing a pixel shift (application for patent 2001-014321). A high cost, device enlargement, a light volume loss, an optical noise, etc. accompanying the composition of the conventional optical path deflection element being complicated can be improved, and the bluntness of the response in a conventional smectic A liquid crystal, a nematic liquid crystal, etc. can also be improved, and it was made for a high speed response to become possible.

[0018]

The optical path of incident light can be changed to a 2-way, and can be made to emit to hundreds of Hz change timing in this optical path deflection element according to making the volts alternating current (for example, rectangular wave voltage) of about hundreds of Hz act on inter-electrode [ of a couple ]. As mentioned above, since the optical path shift uses the residual image phenomenon of human being's eyes, the change timing of the optical path of incident light should just be not less than 30 Hz, but in order to prevent a flicker certainly, it is preferred to set it as 100 - 100 Hz of numbers.

[0019]

By the way, in order to obtain the practical amount of optical path shifts of about tens of [several to] micrometers with such an optical path deflection element, it is necessary to set the thickness of a liquid crystal layer to hundreds of [tens to] micrometers comparatively thickly but, and, There are few examples which element-ized the ferroelectric liquid crystal which forms the smectic phase of perpendicular orientation thick enough as a liquid crystal element. It found out that nebula may occur in a liquid crystal part with the time of optical path deflection element creation, or a continuous optical path shift drive as a result of artificers' examination.

[0020]

When the liquid crystal element is generally carrying out perpendicular orientation uniformly in the liquid crystal layer, in this liquid crystal layer, can observe vividly the conoscope figure of the shape of dark cross hairs called eye SOJAA, but. In the portion which nebula generated, eye SOJAA was not observed at all in the strong portion of nebula very indistinctly [a conoscope figure]. This is a proof in which the perpendicular orientation state of the liquid crystal element is confused, the director of the liquid crystal element of the portion which became cloudy is irregular, and the function of a good optical path shift cannot be obtained in the optical deflection elements which nebula generated. Since it becomes complicated for details, it mentions later.

[0021]

Therefore, in the perpendicular orientation ferroelectric liquid crystal element with a comparatively thick liquid crystal layer, it resulted in this invention paying attention to it being an important problem to form and maintain a uniform oriented state.

The purpose of this invention is to control generating of the orientation defects by repeated use, and to raise reliability while attaining improvement in the speed of the optical path shift operation by the optical deflection elements which carried out facilitating of the composition.

[0022]

[Means for Solving the Problem]

A liquid crystal layer which can form a chiral smectic C phase which makes a homeotropic orientation filled up with the invention according to claim 1 between a substrate of a transparent couple, and this board, It has an electrode pair which forms a driving electric field in the direction parallel to said substrates face in this liquid crystal layer, Switch an orientation direction of a liquid crystal element by the change of the direction of a driving electric field applied to this electrode pair, and a slope direction of an optical axis over a layer normal of said liquid crystal layer is switched, In an optical path deflection element to incident light to said substrates face which switches an emitted light way from said substrates face, said liquid crystal layer contains an organization of fibrous or mesh shape.

[0023]

In the invention according to claim 2, it is characterized by thickness of said liquid crystal layer being not less than 10 micrometers in the optical-path polarizing element according to claim 1. In the invention according to claim 3, said optical axis at the time of a non-electric field inclines in the direction of a driving electric field to a layer normal of said liquid crystal layer in the optical-path polarizing element according to claim 1 or 2.

In the invention according to claim 4, said organization is formed in an optical-path polarizing element of any one statement of claim 1 thru/or 3 by polymerizing by a photopolymerization initiator in either [at least] a monomer or a prepolymer.

In the invention according to claim 5, a liquid crystal layer including said organization is characterized by light transmittance in the case of said photopolymerization being not less than 80% in the optical-path polarizing element according to claim 4.

[0024]

Said organization made it polymerize in the invention according to claim 6 in a temperature region which shows a smectic A phase which makes a homeotropic orientation in the optical-path polarizing element according to claim 4 or 5.

In the invention according to claim 7, in the optical-path polarizing element according to claim 4 or 5, said organization, It was made to polymerize, where an AC electric field is impressed in the direction parallel to said substrates face in said liquid crystal layer, it cooled from temperature of a smectic A phase to temperature of a chiral smectic C phase and said AC electric field is impressed.

[0025]

Said organization made it polymerize in the invention according to claim 8, in the optical-path polarizing element according to claim 4 or 5, where a direct-current electric field of a different direction from the time of optical deflection operation is impressed in a temperature region which shows a chiral smectic C phase.

In the invention according to claim 9, said organization has a liquid crystallinity skeleton as a substructure in an optical-path polarizing element of any one statement of claim 1 thru/or 8.

[0026]

In the invention according to claim 10, said organization was polymerized and formed in liquid crystallinity di(meth)acrylate with a methylene spacer between a liquid crystal frame and two acryloyloxy groups in the optical-path polarizing element according to claim 9.

In the invention according to claim 11, said organization was polymerized and formed in liquid crystallinity (meta) acrylate with a methylene spacer between a liquid crystal frame and one acryloyloxy group in the optical-path polarizing element according to claim 9.

[0027]

In the invention according to claim 12, said organization was polymerized and formed in liquid crystallinity (meta) acrylate without a methylene spacer between a liquid crystal frame and one acryloyloxy group in the optical-path polarizing element according to claim 9.

[0028]

In the invention according to claim 13, it has a polarization direction control means which sets up a polarization direction of incident light to said optical path deflection element in the direction parallel to a direction which projected said optical axis on a substrates face in an optical-path polarizing element of any one statement of claim 1 thru/or 12.

[0029]

In the optical path deflection element according to claim 13 by the invention according to claim 14, A polarization plane rotation means to rotate a plane of polarization of emitted light of said optical path deflection element in the predetermined direction, having the 2nd optical-path polarizing element that makes incident light emitted light after polarization plane rotation -- said optical-path polarization means -- this -- a liquid crystal layer normal line direction of the 2nd optical path deflection means is abbreviated-coincided, and as an electric field direction of both optical path deflection means becomes a predetermined angle, it is arranged and it becomes

[0030]

An image display element which has an optical path deflection element of any one statement of claim 1 thru/or 14 and in which two or more controllable pixels arranged light in two dimensions in the invention according to claim 15 according to picture information, A light source and a lighting system which illuminate an image display element, and an optical apparatus for observing an image pattern displayed on an image display element, It is characterized by an image display device which carries out multiplication of the pixel number on appearance of an image display element, and displays it by displaying an image pattern in the state where a display position has shifted from a display driving means which forms an image field in two or more subfields divided in time according to deflection status of an optical path for every subfield.

[0031]

In the invention according to claim 16, parallel arrangement of the substrate of a transparent couple is carried out at the predetermined intervals, In a manufacturing method of an optical path deflection element which arranges an electrode pair which forms a driving electric field in the direction parallel to this substrates face, and forms a liquid crystal layer which can form a chiral smectic C phase which makes a homeotropic orientation between these substrates, Said

liquid crystal contains a monomer or a prepolymer, and where it poured in this liquid crystal and a HOROOTOROPIKKU oriented state is formed between said substrates, it is characterized by a manufacturing method of an optical path deflection element which polymerizes by a photopolymerization initiator in either [ at least ] a monomer or a prepolymer.

In the invention according to claim 17, it is characterized by transmissivity of said liquid crystal layer when performing a polymerization by said light being not less than 80% in a manufacturing method of the optical path deflection element according to claim 16.

[0032]

In the invention according to claim 18, said liquid crystal layer polymerizes in a temperature region which shows a smectic A phase which makes a homeotropic orientation in a manufacturing method of the optical path deflection element according to claim 16 or 17.

In the invention according to claim 19, in a manufacturing method of the optical path deflection element according to claim 16 or 17, where an AC electric field is impressed in the direction parallel to said substrates face in said liquid crystal layer, It cools from temperature of a smectic A phase to temperature of a chiral smectic C phase, and where said AC electric field is impressed, it polymerizes.

In the invention according to claim 20, in a manufacturing method of the optical path deflection element according to claim 16 or 17, where a direct-current electric field of a different direction from the time of optical deflection operation is impressed in a temperature region which shows a chiral smectic C phase, it polymerizes.

〔0033〕

### [Embodiment of the Invention]

In advance of explanation of this invention, the composition and basic motion of the optical path deflection element which are used by this invention are explained.

Drawing 12 is a figure showing the section of an optical path deflection element typically.

In the figure, as for the numerals 1, the liquid crystal layer which a substrate and 3 become an optical path deflection element and 2, and an electrode and 5 become from a smectic C phase vertical orientation films and 4 is shown, respectively.

The transparent substrates 2 and 2' of the couple are made to carry out a placed opposite. As a transparent substrate, although glass, quartz, a plastic, etc. can be used, a transparent material without birefringence is preferred. As for the thickness of a substrate, a thing (tens of micrometers – several millimeters) is used.

〔0034〕

The vertical orientation films 3 are formed in the medial surface of the substrate 2. To a substrate face, a liquid crystal element will not be limited, especially if the vertical orientation films 3 are perpendicular orientation, i.e., the material which carries out a homeotropic orientation, but the perpendicular orientation agent for liquid crystal displays, a silane coupling agent, a  $\text{SiO}_2$ , vacuum evaporation film, etc. can be used.

[0035]

Not only the state in which the major axis direction of the liquid crystal element carried out orientation to the homeotropic orientation said by this invention vertically to the substrates face to the substrates face but the oriented state which carried out the tilt from a substrates face normal line direction to about tens of times is included. Spiral structure may be formed because the direction (it is henceforth called an angle of direction) toward which a liquid crystal element major axis inclines like a chiral smectic C phase changes to a liquid crystal layer thickness direction.

[0036]

Both substrate intervals are specified on both sides of a spacer, and the electrode 4 and the liquid crystal layer 5 are formed between substrates. It is preferred for the particles etc. of the sheet member which has a thickness of about several millimeters from several micrometers as a spacer, or comparable particle diameter to be used, and to be provided outside the effective area of an optical path deflection element. Although transparent electrodes, such as metal, such as aluminum, copper, and chromium, and ITO etc. are used as the electrode 4, in order to

impress a uniform horizontal electric field in a liquid crystal layer, it is preferred to use a metal sheet with thickness comparable as liquid crystal layer thickness, and it is provided outside the effective area of an element.

[0037]

As a more desirable example, a spacing member and a metal sheet member are common to drawing 12, and liquid crystal layer thickness is prescribed by the thickness of a metal sheet member by it. The liquid crystal which can form the chiral smectic C phase which makes a homeotropic orientation at ordinary temperature as a liquid crystal layer is used. An optical-path polarizing element is the temperature placed by anticipated-use conditions or a storage condition, and the ordinary temperature said here means 50 \*\* thru/or an about [ minus 10 \*\* ] temperature requirement. By impressing voltage to inter-electrode, an electric field is impressed to the horizontal direction of a liquid crystal layer.

Drawing 13 is a figure showing the example of a different electrode configuration from drawing 12.

In the figure, the numerals 4 show a transparent line electrode, 6 shows a dielectric layer, and 7 shows a spacer, respectively.

Many transparent line electrodes 4 and dielectric layers 6 are provided in an effective area like drawing 13, and it may be made to impress the pressure value which changed to each line electrode 4 gradually. In this composition, a uniform horizontal electric field can be impressed to a comparatively large area.

[0038]

Next, the liquid crystal layer which can form a smectic C phase is explained in detail. A "smectic liquid crystal" is a liquid crystal layer which arranges the major axis direction of a liquid crystal element in layers (smectic layer). The liquid crystal which is not in agreement with a "smectic A phase" and a normal line direction in the liquid crystal the normal line direction (layer normal line direction) of the above-mentioned layer and whose major axis direction of a liquid crystal element correspond is called the "smectic C phase" about such a liquid crystal. The strong dielectric liquid crystal which consists of a smectic C phase takes what is called spiral structure that the direction of a liquid crystal director is rotating in spiral for every smectic layer in the state where an outside electric field generally does not work, and is called a "chiral smectic C phase".

a. 3.11  
[0039]

A chiral smectic C phase antiferroelectric liquid crystal turns to the direction which a liquid crystal director counters for each class. Since the liquid crystal which consists of these chiral smectic C phases has asymmetrical carbon in molecular structure and is carrying out spontaneous polarization by this, an optical property is controlled by a liquid crystal element carrying out a rearrangement in the direction which becomes settled by this spontaneous polarization  $P_s$  and outside electric field  $E$ . In this embodiment, although the optical path deflection element 1 is explained taking the case of a strong dielectric liquid crystal as the liquid crystal layer 5, it can be used similarly [ in the case of an antiferroelectric liquid crystal ].

6, 8ca.  
[0040]

The chiral smectic C phase has a very high-speed response as compared with the smectic A phase or the nematic liquid crystal, and the point in which switching by sub ms is possible is the feature. Since the direction of a liquid crystal director is especially determined uniquely to an electric field direction, compared with the liquid crystal which consists of a smectic A phase, control of the direction of a director is easy, and it is easy to treat.

content  
[0041]

The liquid crystal layer 5 which consists of a smectic C phase which makes HOMEORO topic orientation. Compared with the case where homogeneous orientation (state in which the liquid crystal director is carrying out orientation in parallel with a substrates face) is taken, operation of a liquid crystal director cannot receive restraining force from a substrate easily, and it is easy to perform control of the direction of an optical path deflection by adjustment of the direction of an outside electric field, and has the advantage that a required electric field is low.

[0042]

When the liquid crystal director is carrying out homogeneous orientation, in order that a liquid crystal director may be strongly dependent not only on an electric field direction but a substrates face, accuracy of position will be searched for more about installation of an optical path deflection element. On the contrary, in the case of HOMEORO topic orientation like this embodiment, the degree of setting margin of the optical path deflection element 1 increases to an optical deflection. when harnessing these features, it is not necessary to turn a screw axis at right angles to a substrates face strictly -- being certain -- even if the grade leans, it does not interfere. It is good if it is possible to turn to two directions, without a liquid crystal director receiving the restraining force from a substrate.

[0043]

This invention can add the organization of fibrous or mesh shape in a liquid crystal layer, and can raise orientation stability, and a transparent substrate, vertical orientation films, a spacer, the electrode, etc. can use the conventionally same thing as composition mentioned above.

[0044]

Drawing 14 is a figure showing typically an electric field direction and the slope direction of a liquid crystal element about the composition shown in drawing 12.

Drawing 15 is a mimetic diagram showing a situation when an electric field is reversed from the state of drawing 14. in both figures -- the numerals 5a -- the thickness of a liquid crystal layer and E show an electric field direction, Ps shows spontaneous polarization, and, as for a liquid crystal element and C, Vs shows a rectangular wave alternating current power supply, respectively, as for a virtual corn and d.

Signs that the side on which the space upper part and width are narrowly drawn for the side on which the width of the liquid crystal element 5a is drawn widely leans to the space bottom are shown. The arrow has shown the spontaneous polarization Ps of the liquid crystal.

[0045]

Reversal of direction of the electric field E will reverse the angle of direction of the liquid crystal element 5a which carried out abbreviated perpendicular orientation in the state of drawing 15 from the state of drawing 14. Here, the relation of the angle of direction of an electric field E applying direction and the liquid crystal element 5a is illustrated about the case where spontaneous polarization is positive. Here, when an angle of direction is reversed, it is thought that the inside of the field of the virtual corn C as shown in the perspective view of drawing 14 b and 15b is rotated.

[0046]

Drawing 16 is a figure showing typically the oriented state of a liquid crystal element, and the principle of an optical path deflection.

Drawing 17 is a figure showing typically the state where the electric field was reversed in drawing 16.

In both figures, emitted light in case the electric field of the linear polarization by which the numerals L0 enter into an optical path deflection element, and L1 is one way, emitted light when an electric field reverses L2, and theta show a tilt angle.

Vertical orientation films, the spacer, and the electrode are omitted. Drawing 16 and 17 are expressed as drawing 14 and a sectional view which looked at 15 from left-hand side, respectively, and the electric field is acting in the direction of a space rear surface. An electric field direction is switched by drawing 14 and the power supply shown in 15 corresponding to the deflection direction of the light made into the purpose. The incident light to the optical path deflection element 1 is linear polarization. The angle gross mean of the direction of each liquid crystal element should be carried out to tilt angle theta said here.

[0047]

When the electric field E from the space back side to a space side front is impressed like drawing 16, if the spontaneous polarization Ps of the liquid crystal element 5a is positive, the molecularity toward which the liquid crystal director inclined at the figure upper right will increase, and the average optical axis as a liquid crystal layer also inclines in the direction of

the figure upper right, and functions as a birefringent plate. Above the threshold electric field which the helical structure of a chiral smectic C phase solves, all the liquid crystal directors show tilt angle theta, and an optical axis serves as a birefringent plate which inclined at the angle theta to the up side. The parallel shift of the linear polarization which entered from left-hand side as extraordinary light is turned up. Here, in the refractive index of the major axis direction of a liquid crystal element, when setting thickness (gap) of no and the liquid crystal layer 5 to d, shift amount S is expressed [ refractive index / of ne and the direction of a minor axis ] with the following formulas (for example, the volume "crystal optics" Japan Society of Applied Physics and on optical gathering for friendly discussion, p198 reference).

$$S = [(1/no)^2 - (1/ne)^2] \sin(2\theta), d \\ / [2(1/ne)] (2\sin^2\theta + (1/no)^2 \cos^2\theta) \dots \text{Formula 1}$$

[0048]

When the impressed electromotive force to an electrode is similarly reversed like drawing 17 and the electric field to the space back side is impressed, if the spontaneous polarization of a liquid crystal element is positive, a liquid crystal director will function as a birefringent plate with which it inclined at the figure lower right, and the optical axis inclined at the angle theta to the down side. The parallel shift of the linear polarization which entered from left-hand side as extraordinary light is turned down. The amount of optical path deflections of 2 S parts is obtained by reversal of an electric field direction.

Scan ID  
[0049]

Although drawing 16 and 17 show the ideal oriented state, in order to set up the amount  $S$  of optical path deflections greatly, when thickness  $d$  of the liquid crystal layer 5 is enlarged, orientation defects may occur. If the thickness of a liquid crystal layer becomes large, the orientation restraining force from an orienting film will become weak, so that it becomes a center section of the layer, and the direction of a smectic layer will be confused easily.

〔0050〕

Drawing 18 is a figure for explaining generating of the orientation defects in a smectic C phase. For example, at a certain temperature, there is a case which what was carrying out uniform perpendicular orientation cools, and transfers to a chiral smectic C phase where the direction of the smectic layer of a layer center section is confused like drawing 18 (b), and both produces light scattering, by a smectic A phase like drawing 18 (a). Although this mechanism is not clear, it thinks for the power of making a smectic layer distorted by change of the smectic interlaminar distance by the increase in a tilt angle of a liquid crystal element and generating of a spiral pitch to occur. Even when a chiral smectic C phase uniform in first stage can be formed, orientation disorder like drawing 18 (b) may arise with a prolonged drive and temperature change, an external pressure, etc.

computer  
[0051]

In the portion in which orientation was in disorder, the smectic layer of a liquid crystal becomes discontinuous, and if the size and interval of a portion with a discontinuous stacking tendency are larger than the wavelength grade of the transmitted light, dispersion of light will occur by the disagreement of the refractive index in the interface. It becomes cloudy by the forward scattering of light, and back-scattering, and is visible in many cases. Since decline in transmissivity, generating of the transmitted light to an unnecessary direction, etc. will arise if nebula occurs in the liquid crystal layer of an optical path deflection element, efficiency for light utilization, the signal to noise ratio, and contrast fall, and it is not desirable. Although the permissible dose of nebula changes also with purposes of the device which uses an optical path deflection element, When it sees as an optical element, it is preferred that MTF [ in / in transmissivity / not less than 80% and 50 lp/mm spatial frequency ] (modulation transfer function) is [ MTF ] not less than 50% in not less than 80% and 100 lp/mm spatial frequency.

[0052]

Transmissivity here emits the parallel beam from the source of a white laser beam to the normal line direction of a liquid crystal layer, and means the ratio of the light volume before the liquid crystal layer penetration at the time of making a liquid crystal layer penetrate, and the

light volume of the light which he follows to the emission direction from the source of liquid crystal layer penetration crepuscular rays.

MTF is a value computed from the maximum and the minimum of light volume at the time of receiving the picture after the liquid crystal layer penetration of the monochrome test pattern of predetermined spatial frequency from which concentration changes in the shape of a sine curve toward predetermined one way using an optical microscope by CCD.

[0053]

As opposed to a surface [ on condition of the application to an image display element ]-in the many stable type ferroelectric liquid crystal element although it is generally difficult to carry out orientation control of the liquid crystal layer 5 of a chiral smectic C phase uniformly and conventionally various examination is performed. It is what carries out homogeneous orientation in a surface stability type strong dielectric liquid crystal element between substrate gaps thinner than the spiral pitch of a chiral smectic C phase, Aggravation of a stacking tendency appears as a difference in the formation direction of a smectic layer, and when the transmitted light is observed in cross Nicol of a polarizing plate as an image display element, an orientation-defects portion is observed as a difference in a light-and-darkness part.

[0054]

On the other hand, with the optical path deflection element of this invention, since the deflection quantity of an optical path is proportional to the thickness of a liquid crystal layer, in order to obtain the amount of optical path deflections of about tens of [ several to ] micrometers, it is characterized by setting the thickness of a liquid crystal layer to hundreds of [ several to ] micrometers comparatively thickly. However, even if it makes it thick to the maximum, it may be 1 mm or less. In order to obtain about 1/2 shift amount of the picture element pitch of an image display element especially, the thickness of a liquid crystal layer is set to 50 thru/or about 100 micrometers.

[0055]

Thus, the above nebula phenomena may happen in the ferroelectric liquid crystal of the thick chiral smectic C phase of a homeotropic orientation. Although the correlation with generating of this nebula and the property value of a liquid crystal material is not clear, it is thought that quantity, a kind, etc. of the spiral pitch of a chiral smectic C phase and chiral agent have influenced. Although it is preferred that the thickness of the ferroelectric liquid crystal layer of the chiral smectic C layer which carried out the homeotropic orientation in this invention is not less than 10 micrometers, there are few examples which proposed such a structure as a practical element, and there is no proposal about reduction of a nebula phenomenon.

[0056]

Although the stable state after a liquid crystal element is reversed and carries out reorientation is illustrated in drawing 17, an oriented state is temporarily confused in the process which a liquid crystal element reverses, and transient light scattering occurs. The model of transient light scattering is shown in drawing 19.

Drawing 19 is drawing 14 and a figure showing the inclining state of the liquid crystal element in an optical path deflection element like 15.

[0057]

Above the threshold electric field which the spiral structure of a chiral smectic C phase solves, the liquid crystal element is carrying out orientation uniformly like drawing 19 (a). If an impressed electric field is reversed from the response time of a liquid crystal from this state for a short time, it is begun along the inside of the virtual surface of cone shape as shown in drawing 14 (b) by C to reverse a liquid crystal element. At this time, it is surmised that there are a field rotated in the clockwise direction like drawing 19 (b) and a field which it begins to rotate in the counterclockwise direction. It is thought that transitional light scattering arises in the interface between the domains where these hands of cut differ. Then, light scattering will be extinguished if it changes the reorientation of the liquid crystal element into the state where it inclined uniformly in the opposite hand, like drawing 19 (c).

[0058]

In order to reduce this transient light scattering, when at least some liquid crystal elements in a liquid crystal layer rotate the inside of the virtual surface of cone shape within a smectic layer by reversal of an electric field direction and an orientation direction is reversed, It is effective to control the hand of cut of each liquid crystal element reversed like drawing 19 (d) to a uniform direction. There is a method of giving an electric field and a magnetic field as the control method of the hand of cut of a liquid crystal element from the method of giving directivity to the orientation direction of the liquid crystal layer itself, and the exterior.

[0059]

Giving the directivity of an orientation direction to the liquid crystal layer of the optical path deflection element of this invention itself is changing into the state where the optical axis of the liquid crystal layer at the time of a non-electric field inclines to the layer normal of a liquid crystal layer. Since the slope direction of the liquid crystal element at the time of optical path deflection operation aims to intersect perpendicularly in the direction of a driving electric field, in order to control the hand of cut of a liquid crystal element, the optical axis at the time of a non-electric field needs to incline in the direction of a driving electric field to the layer normal of a liquid crystal layer. As a way the optical axis at the time of directive \*\*\*\*\* and a non-electric field makes the orientation direction of the liquid crystal layer itself incline to the layer normal of a liquid crystal layer, formation of the organization by polymers or a gelling agent in the inside of the rubbing treatment of vertical orientation films and a liquid crystal layer, etc., etc. are applicable.

[0060]

This invention is made that many of these problems should be solved. Each embodiment of this invention is described referring to a figure below.

Drawing 1 is a cross section of the optical path deflection element for describing a 1st embodiment of this invention.

In the figure, the numerals 5b are the organizations of fibrous [ which comprises an inorganic material or organic materials ], or mesh shape.

The state where temperature of drawing 1 (a) is to some extent high, and the liquid crystal layer 5 is presenting the smectic A phase for the purpose of solution of the problem which explained the figure using drawing 18, and the state where temperature fell and the liquid crystal layer 5 transferred drawing 1 (b) to the chiral smectic C phase are shown.

[0061]

In this embodiment, the organization 5b of fibrous [ which comprises an inorganic material or organic materials in the liquid crystal layer 5 ], or mesh shape is made to contain like drawing 1, and the stacking tendency of a smectic phase is stabilized. At this time, the space part of the structure of fibrous [ which was beforehand formed between the two glass substrates 2 and 2 ] or mesh shape may be impregnated with a liquid crystal material. As a structure in this case, glass fiber, a carbon nanotube, porosity extension polymer, etc. can be used. As for the path of the fiber structure, it is desirable to use below the wavelength grade of the transmitted light so that the structure in the liquid crystal layer 5 may not cause light scattering.

Where a polymer material and a gelling agent are beforehand mixed in a liquid crystal material, it may pour in between the two glass substrates 2 and 2. Structure and content concentration are optimized so that a polymer material may be distributed in a liquid crystal element by the chain or a three-dimensional network.

In the state of a smectic A phase with a comparatively sufficient stacking tendency, a polymer material is uniformly distributed by the horizontal direction and perpendicular direction of a smectic layer like drawing 1 (a), and the orientation stability of the layer system of a smectic phase can be improved.

[0062]

By cooling from this state, orientation stability can be improved, even after transferring to a chiral smectic C phase like drawing 1 (b). The polymer material at this time or the content of a gelling agent has 0.5 to about 10% of the weight of a preferred range. In being less than this, the effect which stabilizes the layer system of a smectic phase becomes small, and when large, the

electrical property and optical property of a liquid crystal layer will get worse. By optimizing a polymer material, or the content and the molecular weight of a gelling agent, the oriented state in the inside of liquid crystal layer bulk is stabilized, and generating of orientation defects can be prevented.

[0063]

In order to dissolve a polymer material directly into a liquid crystal material like drawing 1 (a), material may be limited from the compatibility of both materials, affinity with a solvent, etc. It is difficult to distribute uniformly a polymer material which carries out phase separation to a liquid crystal material. Since the ferroelectric liquid crystal material in which a smectic layer is shown according to a room temperature grade has high viscosity, it becomes difficult to distribute a polymer material uniformly.

[0064]

Then, it is preferred to pour in the monomer or the prepolymer into the element in the state where it dissolved uniformly, and to form a uniform polymer material by a polymerization reaction after that into a liquid crystal. As a polymerization reaction, thermal polymerization and photopolymerization can be used according to the kind of polymerization initiator. In the case of thermal polymerization, it is necessary to heat a liquid crystal material to relatively high temperature but, and since the liquid crystal material itself has temperature characteristics, such as a phase transition, it is necessary to optimize thermal polymerization starting temperature and the phase transition temperature of a liquid crystal, and the selection range of material tends to be restricted.

Since the shape of an organization formed is decided by the kind and concentration of a gelling agent also when using a gelling agent, the range of selection of a gelling agent suitable for stabilization of a liquid crystal layer tends to be restricted.

[0065]

In a 2nd embodiment of this invention, the organization 5b is the polymer material in which either [ at least ] the monomer or the prepolymer was formed of photopolymerization. in this case, the photopolymerization initiator after pouring in the mixture of a liquid crystal material, a monomer, or a prepolymer into an optical path deflection element -- the bottom of a room temperature, etc. -- a uniform polymers organization can form into a liquid crystal layer by the exposing treatment in low temperature comparatively. A polymers organization becomes a chain or a three-dimensional network with the number of the functional groups in the monomer to be used.

Generally, in the case of a polymers chain, a polymer chain, and a three-dimensional network, although it is called a polymer network etc., in a chain, it names generically here and it calls it a polymers organization.

[0066]

Since it is mixing of the materials of low molecular weight in the case of this embodiment, compared with the case where a polymer material is dissolved directly, adjustment of a uniform liquid crystal mixture is easy for a liquid crystal material, and orientation stability can be raised effectively. In the case of photopolymerization, even if it uses the same monomer by controlling light intensity and the combination of two parameters of irradiation time, the molecular weight and phase separation structure of a polymers organization are also controllable. Therefore, there is also an advantage that width of selection of a monomer material can be made large compared with thermal polymerization or a gelling agent.

[0067]

When making a polymers organization form by the polymerization reaction in the inside of a liquid crystal layer as mentioned above, the liquid crystal layer before a polymerization needs to be carrying out orientation to the uniform smectic phase. So, in a 3rd embodiment of this invention, a liquid crystal layer carries out polymerization curing in the temperature region which shows the smectic A phase which makes a homeotropic orientation. Rather than a chiral smectic C phase, a smectic A phase appears in a pyrosphere, and the tilt angle of the liquid crystal element to the normal line direction of a smectic layer is zero, and it does not have

spiral structure. By polymerizing in the temperature region of this smectic A phase, a polymers organization can be generated in the state of a uniform smectic layer like drawing 1 (a).

[0068]

Then, when reducing temperature and transferring to a chiral smectic C phase, even if the distortion accompanying change of a smectic interlayer spacing and generating of spiral structure occurs, generating of orientation defects can be prevented like drawing 1 (b) according to the restraining force by a polymers organization. Thus, even when the stacking tendency of a chiral smectic C phase uses a bad liquid crystal material, a uniform polymers organization can be formed and a stacking tendency can be improved.

However, there is also a liquid crystal material whose stacking tendency is not so good in the stage of a smectic A phase. To such a material, a device is still more nearly required.

[0069]

In order to raise the stacking tendency of the chiral smectic C phase before a polymerization, in a 4th embodiment of this invention. Like the time of optical path deflection operation, where an AC electric field is impressed in the direction parallel to the substrates face in a liquid crystal layer, it cools from the temperature of a smectic A phase to the temperature of a chiral smectic C phase, and polymerization curing is carried out where an AC electric field is impressed. Generally in the optical deflection elements using a liquid crystal material, according to the viscoelasticity and dielectric characteristics of a liquid crystal material, Although optical deflection operation is set as hundreds of Hz from tens of Hz in many cases, the perpendicular orientation nature of a chiral smectic C phase improves by a thing [ a thing ] the response of a liquid crystal element does not fully do of impressing the electric field of high frequency comparatively.

[0070]

Although the frequency of the AC electric field for stabilizing orientation also differs according to the viscoelasticity and dielectric characteristics of a liquid crystal material, for about 10 kHz is preferred from 50 Hz. Rather than this, in low frequency, a direct-current electric field action will be shown and a flow of a liquid crystal layer, etc. will occur. Rather than this, in high frequency, a liquid crystal element cannot answer at all and the effect of the improvement in a stacking tendency does not show up. The orientation defects in a chiral smectic C phase can be effectively prevented by letting the process of cooling pass and impressing the above-mentioned AC electric field from the smectic A phase of relatively high temperature, especially, including at least the temperature requirement transferred to a chiral smectic C phase.

[0071]

Although the reason of this effect is not clear, it is surmised by giving a vibration symmetrical with the layer horizontal direction of a liquid crystal element that it is lost that a liquid crystal element inclines toward either and inclines, i.e., orientation defects are prevented from a smectic layer curving and occurring. It is more desirable in order to also commit the electrostatic force which carries out orientation at right angles to a liquid crystal element by the horizontal electric field of high frequency, when dielectric anisotropy uses a negative liquid crystal. Therefore, a liquid crystal material with the stacking tendency of a chiral smectic C phase had originally can also form temporarily a chiral smectic C phase without orientation defects at low temperature comparatively, and an oriented state without orientation defects can be stabilized in the long run by carrying out polymerization curing of the polymer material in the state.

[0072]

[0072] Drawing 2 is a mimetic diagram showing signs that a polymers polymerization is carried out at the time of optical deflection operation, impressing the direct-current electric field of a different direction.

In the 5th gestalt of this invention, in the temperature region which shows a chiral smectic C phase. In the process of the polymerization to polymers, it is parallel to the substrates face in a liquid crystal layer, and a liquid crystal element forms the polymers organization which receives restraining force in the state where it inclined in one way by carrying out polymerization curing.

where direct-current electric field  $E'$  is temporarily applied in the direction which intersects perpendicularly in the direction of an applied electric field at the time of optical path deflection operation.

Exterior-electrodes 4' etc. are temporarily installed like drawing 2 (a), and the stable slope direction of a liquid crystal element is set up in the direction of an optical deflection, and the different direction by making a polymerization reaction perform, where an electric field is impressed in the different direction from the electric field direction at the time of normal operation.

Drawing 2 (b) is a figure showing a situation when the electric field of one way is applied to the optical path deflection element obtained by this method.

[0073]

When an impressed electric field is reversed, an impressed electric field is transitionally set to 0 from the state of drawing 2 (b), but the tilting directions of a liquid crystal element return to the state of drawing 2 (a) in response to the restraining force of polymers at this time. From the state, the tilting directions corresponding to the reversed electric field will be turned to. That is, since asymmetry arises in the ease of rotating of a liquid crystal element, when the tilting directions of a liquid crystal element are reversed at the time of optical path deflection operation, a hand of cut is controlled by one way and the transient light scattering phenomenon by the variation in a hand of cut is reduced.

By optimizing the addition and construction material of polymer, \*\*\*\*\* that the direction of an optical deflection shifting and response time become long can be reduced. In this case, since the stable slope direction can set up only one way, the rotational movement at the time of reversal of a liquid crystal element turns into reciprocating movement which goes via an always stable slope direction.

[0074]

Drawing 3 is a mimetic diagram showing the state of the liquid crystal layer at the time of using a liquid crystalline polymer as a polymer material.

In the figure, the numerals 5c show a liquid crystalline polymer.

According to a 6th embodiment of this invention, what has a liquid crystallinity skeleton as a substructure is used as a polymer material. The main chain type which contained the meso gene group of the liquid crystallinity skeleton in the main chain may be sufficient as liquid crystallinity polymers, and the side chain type combined with the side chain may be sufficient as them. The compound die included in a main chain and a side chain may be sufficient. By using a good liquid crystallinity monomer and a liquid crystallinity prepolymer, the ferroelectric liquid crystal and compatibility of a chiral smectic C phase which are host materials can carry out phase separation of the polymer material 5c after a polymerization uniformly. Since the polymers chain is distributed uniformly, a stacking tendency can be stabilized uniformly. Since the polymer material itself has a stacking tendency and optical anisotropy, the fall of birefringence and degradation of an optical path deflection phenomenon by introduction of a polymeric component can be prevented.

[0075]

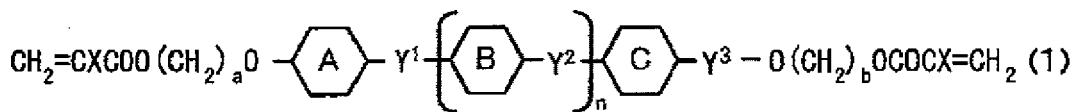
Although various materials can be used as a liquid crystallinity monomer, in order to raise compatibility with a host liquid crystal, it is preferred that a nematic phase is shown at a room temperature. It is preferred to use the following liquid crystallinity monomers according to the stacking tendency and response of a chiral smectic C phase which are host liquid crystals.

In the seventh gestalt of this invention, a monomer contains the liquid crystallinity diacrylate which has a methylene spacer between a liquid crystal frame and two acryloyloxy groups, or liquid crystallinity dimetha- acrylate. Here, both are doubled and it is written as liquid crystallinity di(meth)acrylate.

As liquid crystallinity di(meth)acrylate, material like the following general formula (1) can be used.

[0076]

[Formula 1]

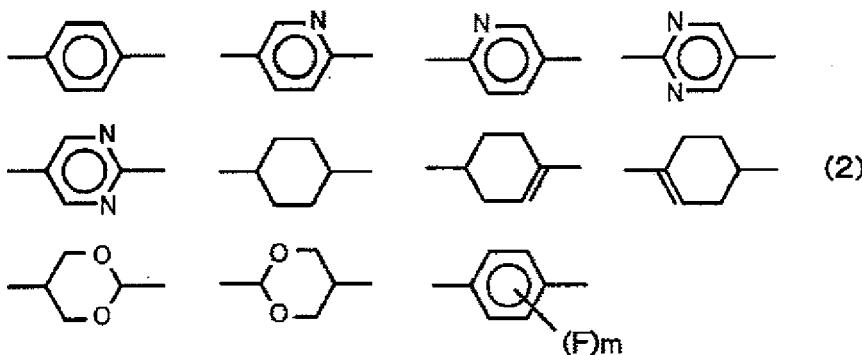


[0077]

(1) X express a hydrogen atom or a methyl group among a formula, n expresses the integer of 0 or 1, and the six membered-rings A, B, and C express independently either of the structures shown in (2) types, respectively.

[0078]

[Formula 2]

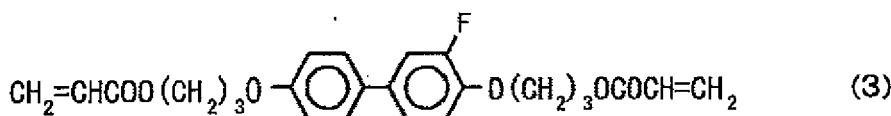


[0079]

m expresses the integer of 1-4 and  $\gamma^1$  and  $\gamma^2$  independently, respectively, A single bond,  $-\text{CH}_2\text{CH}_2-$ ,  $-\text{CH}_2\text{O}-$ ,  $-\text{OCH}_2-$ ,  $-\text{COO}-$ ,  $-\text{OCO}-$ ,  $-\text{C}=\text{C}-$ ,  $-\text{CH}=\text{CH}-$ ,  $-\text{CF}=\text{CF}-$ ,  $(\text{CH}_2)_4-$ ,  $-\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{O}-$ , Express  $\text{OCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2-$ ,  $-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2\text{CH}_2-$ , and  $-\text{CH}_2\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-$ ,  $\gamma^3$  expresses a single bond,  $-\text{O}-$ ,  $-\text{COO}-$ , and  $-\text{OCO}-$ , and a and b express the integer of 1-20. As a desirable example, a thing like the following structural formula (3) is raised.

[0080]

[Formula 3]



[0081]

If such liquid crystallinity di(meth)acrylate polymerizes, it can form a three-dimensional network and can stabilize the oriented state of a liquid crystal layer effectively. For example, the optical path deflection element which was compatible in the stacking tendency and the response is obtained by combining with the liquid crystal excellent in high speed response nature, although especially a tilt angle and spontaneous polarization are large and orientation stability is bad also in the liquid crystal which can form a chiral smectic C phase.

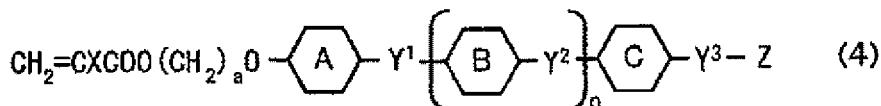
[0082]

In the 8th gestalt of this invention, a monomer contains the liquid crystallinity acrylate which has a methylene spacer between a liquid crystal frame and one acryloyloxy group, or liquid crystallinity methacrylate. Here, both are doubled and it is written as liquid crystallinity (meta) acrylate. If the liquid crystallinity (meta) acrylate which has a methylene spacer polymerizes, it will form a side chain type liquid crystal polymer.

As liquid crystallinity (meta) acrylate, material like the following general formula (4) can be used.

[0083]

[Formula 4]



[0084]

(4) Z expresses a hydrogen atom, a halogen atom, a cyano group, an alkyl group with 1-20 carbon atoms, or an alkenyl group with 2-20 carbon atoms among a formula, and other signs are the same definitions as the sign shown by (1) formula.

As a desirable example, a thing like the following structural formula (5) is raised.

[0085]

[Formula 5]



[0086]

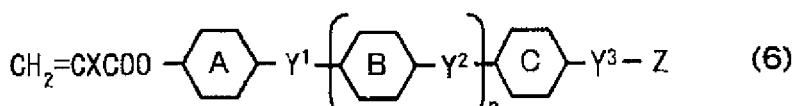
In order that a liquid crystal frame may combine such a material with a polymers main chain via a methylene spacer, it is comparatively easy to move a liquid crystal frame, and although the stabilization effect of an oriented state is comparatively weak, there is an advantage that the resistance force to the inversion operation of a liquid crystal is small, and there is little degradation of a response. For example, especially a tilt angle and spontaneous polarization are small also in the liquid crystal which can form a chiral smectic C phase, and although orientation stability is comparatively good, it is that a response combines with an ordinary liquid crystal, and the optical path deflection element which was compatible in the stacking tendency and the response is obtained.

[0087]

In the 9th gestalt of this invention, a monomer contains liquid crystallinity (meta) acrylate which does not have a methylene spacer between a liquid crystal frame and one acryloyloxy group. As liquid crystallinity (meta) acrylate, material like the following general formula (6) can be used.

[0088]

[Formula 6]



[0089]

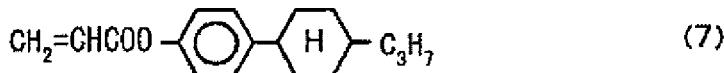
(6) Each sign in a formula is the same definition as the sign shown in (4) types.

Especially, in a general formula (6), X expresses a hydrogen atom and n expresses 0. The six membered-rings A and C express 1,4-phenylene group or 1, and 4-transformer cyclohexyl group independently, respectively, Y<sup>1</sup> expresses a single bond or -C\*\*C-, Y<sup>3</sup> expresses a single bond and the material of Z showing a halogen atom, a cyano group, or an alkyl group with 1-20 carbon atoms is [ \*\*3\*\* ] preferred.

[0090]

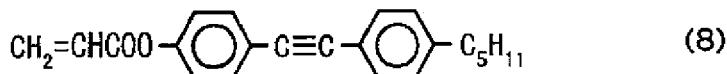
The following structural formula (7) and a thing as shown in (8) are raised as a desirable example. These mixtures may be used. For example, under a room temperature, what carried out 50 weight-section \*\*\*\* mixing of (7) and (8) shows a nematic phase, and tends to treat it. [0091]

[Formula 7]



[0092]

[Formula 8]



[0093]

Since a liquid crystal frame couples directly the liquid crystallinity (meta) acrylate without such a methylene spacer with a polymers main chain if it polymerizes, a motion of a liquid crystal frame is restricted and a liquid crystal frame contributes it to orientation stability directly. Since the polymers chain itself has the ease of moving, although orientation stability is comparatively strong, and the stabilization effect of an oriented state is comparatively strong, the resistance force to the inversion operation of a liquid crystal also has the advantage that it is comparatively small and there is little degradation of a response. For example, the optical path deflection element which was compatible in the stacking tendency and the response is obtained because especially orientation stability and a response combine with a bad liquid crystal also in the liquid crystal which can form a chiral smectic C phase.

[0094]

According to an above embodiment [ the 1st to 9th ], only the linear polarization of polarization direction \*\* parallel to the deflection direction of an optical path, i.e., the slope direction of the liquid crystal element at the time of an applied electric field, receives the deviation of an optical path, and the linear polarization which intersected perpendicularly with this goes straight on as it is. Therefore, since the ingredient which does not receive a deviation is included in emitted light when an unpolarized light is entered, the contrast over the existence of an optical path deflection will fall.

[0095]

Drawing 4 is a figure showing an outline of an optical path deflection device of having a means to regulate a polarization direction of incident light to an optical path deflection element in the specific direction.

In the figure, the numerals 8 show a linear polarization plate.

According to a 10th embodiment of this invention, a polarization direction control means which sets up a polarization direction of incident light to an optical path deflection element in the direction of an electric field applied in a liquid crystal layer and the direction which intersects perpendicularly as shown in drawing 4 is established. In other words, a control means which carries out linear polarization in the direction parallel to a shift direction of an optical path deflection is established. The linear polarization plate 8 can be used as a polarization direction control means. A polarization direction of the linear polarization plate 8 is doubled in parallel with a longitudinal direction of the electrode 4, and it installs in the entrance plane side of the optical path deflection element 1. Since a light component which does not receive an optical path deflection operation by an inclination of a liquid crystal element is cut even when incident light does not polarize, optical switching by an optical path deflection can be performed certainly.

[0096]

Drawing 5 is a schematic diagram for explaining composition of the 4 direction shifter by combination of an optical path deflection element.

In the figure, the 4 direction shifter and 10 show the 1st optical path deflection element, 11 shows 1/2 wavelength plate, and the numerals 9 show the 2nd optical path deflection element 12, respectively.

An 11th embodiment of this invention is described based on drawing 5. This embodiment is the device which changed a shift direction into an optical path deflection device constituted like an embodiment mentioned above, and combined another optical path deflection element with it. Between both optical path deflection elements, 1/2 wavelength plate as a polarization plane rotation means is inserted. A spacer, an orienting film, etc. are omitted in drawing 5.

[0097]

The 1st and 2nd optical path deflection elements 10 and 12 make an electric field generating direction by each electrode pairs 4 and 4 intersect perpendicularly, and are arranged in series by the Mitsuyuki line writing direction, and the 1/2 wavelength plate 11 is allocated as a polarization plane rotation means among both these optical path deflection elements. Here, although an example to which an electric field generating direction lies at right angles is illustrated, it may be set not only as a rectangular cross but as a predetermined angle.

The 1/2 wavelength plate 11 can apply things for visible light, such as a crystal plate, a liquid crystal film, etc. which are usually marketed, as they are. A plane of polarization can also be rotated using a twist nematic (it is henceforth written as TN) liquid crystal cell.

[0098]

After the light flux L beforehand arranged with linear polarization receiving a deviation in the 1st optical path deflection element 10 by the side of the preceding paragraph to the Mitsuyuki line writing direction and passing through one optical path of right-and-left 2-way L1 and L2, By 90 degrees of polarization directions being rotated and becoming a polarization direction of a sliding direction with the 1/2 wavelength plate 11. When a deviation is received with the latter 2nd optical path deflection element 12, and L1 takes one optical path of up-and-down 2-way L11 and L12 and L2 takes one optical path of up-and-down 2-way L21 and L22, it will pass along any one optical path of four directions as a result.

Although a deflection direction is illustrating here an example rotated 90 degrees, it is good also as a predetermined angle which coincides with a deflection direction in the 2nd optical path deflection element a polarization direction emitted not only from 90 degrees but from the 1st optical path deflection element.

[0099]

Drawing 6 is a timing chart which shows an example of a drive of the 4 direction shifter.

It is a figure in which drawing 6 (a) shows driving timing of the 1st optical path deflection element, and drawing 6 (b) shows driving timing of the 2nd optical path deflection element. By doubling timing like a graphic display of both, a shift of four directions is chosen as a circumference of one way one by one.

[0100]

Drawing 7 is a schematic diagram of an image display device which used an optical path deflection element.

In the figure, a LED lamp as a light source and 22 the numerals 21 A diffusion board, 23 -- a condensing lens and 24 -- a transmission type liquid crystal panel as an image display element, and 25 -- a light source driving part and 28 show a driving part of a transmission type liquid crystal panel, 29 shows an optical path deflection means, and, as for a screen and 27, a projection lens and 26 show a driving part of the 4 direction shifter 30, respectively.

A 12th embodiment of this invention is described based on drawing 7. This embodiment shows an example of application to an image display device. In a direction of movement of light emitted towards the screen 26 in drawing 7 from light source LED lamp 21 arranged to two-dimensional array form. The projection lens 25 as an optical member for observing the diffusion board 22, the condensing lens 23, the transmission type liquid crystal panel 24 as an image display

element, and an image pattern is allocated in order.

[0101]

On an optical path between the transmission type liquid crystal panel 24 and the projection lens 25, the 4 direction shifter 29 which functions as a pixel shift device intervenes, and it is connected to the driving part 30. The 4 direction shifter etc. which were mentioned above are used as such an optical path deflection means 29.

[0102]

Illumination light which was controlled by the light source driving part 27, and was emitted from the light source 31 turns into illumination light equalized with the diffusion board 22, is controlled by the liquid crystal driving part 28 with the condensing lens 23 synchronizing with the illumination light source 21, and illuminates the transmission type liquid crystal panel 24. Illumination light by which spatial light modulation was carried out by this transmission type liquid crystal panel 24 enters into the optical path deflection means 29 as image light, and only a predetermined distance is shifted to an arrangement direction whose image light is a pixel by this optical path deflection means 29. This light is expanded with the projection lens 25, and is projected on the screen 26.

[0103]

By displaying an image pattern in the state where a display position was shifted, according to a deviation of an optical path for two or more subfields of every which divided an image field in time by the optical path deflection means 29, multiplication of the apparent pixel number of the transmission type liquid crystal panel 24 is carried out, and it is displayed. Thus, since a shift amount by the optical path deflection means 29 performs twice as many image intensifying as this to an arrangement direction of a pixel of the transmission type liquid crystal panel 24, it is set as one half of picture element pitches. A seemingly high definition picture can be displayed by amending a picture signal which drives the transmission type liquid crystal panel 24 by a shift amount according to a shift amount.

[0104]

Under the present circumstances, an observer can be provided with a bright quality picture, without raising utilization efficiency of light and increasing load of a light source, since optical deflection elements like each embodiment mentioned above are used as the optical path deflection means 29. By performing optical path deflection control with the direction of an applied electric field and field intensity by the electrode pairs 4 and 4 in the optical path deflection element 1 concerned, a suitable pixel shift amount is held and a good picture can be acquired.

[0105]

(Example 1)

Drawing 8 is a figure showing test equipment for checking operation of an optical path deflection element.

In the figure, numerals 1' shows an empty cell and a power supply for applied electric fields in 31, respectively.

A 600-Å-thick homeotropic orientation film was formed in the surface of a 1-mm-thick glass substrate. An aluminum electrode sheet 80 micrometers in thickness, 1.0 mm in width, and 12 mm in length was used as a spacer and electrode, and empty cell 1' like drawing 8 which has arranged an electrode pair in parallel so that an effective area may serve as 1-cm width was produced.

Next, a ferroelectric liquid crystal composition which turns into 1 % of the weight of liquid crystallinity acrylate constituents which consist of 50 weight sections at a time respectively from ferroelectric liquid crystal "CS1029" (made by Chisso) 99 % of the weight in a compound to which a commercial photopolymerization initiator was indicated to be one weight section by (7) types and (8) formulas was adjusted.

[0106]

Where empty cell 1' and a ferroelectric liquid crystal composition are heated at about 80 \*\*, a ferroelectric liquid crystal composition was poured into empty cell 1'. A liquid crystal cooled this

cell to temperature which shows a smectic A phase, and it irradiated with ultraviolet rays of 60 mJ/cm<sup>2</sup>, with a perpendicular orientation state of a smectic A phase maintained. Then, it cooled to a room temperature, and closed with adhesives, and a polymers stabilization perpendicular orientation ferroelectric liquid crystal cell as the optical-path polarizing element 1 was obtained. The power supply 31 which becomes the electrode pairs 4 and 4 from a pulse generator and high-speed amplifier was connected, and test equipment was constituted.

[0107]

When a conoscope figure of a liquid crystal layer in an effective area of this optical path deflection element was observed under a room temperature in the state of a non-electric field, a picture of a cross-joint form and an annulus ring was observed in the central part. Therefore, under a non-electric field, it has checked that an optical axis was vertical to a liquid crystal layer. In this state, spiral structure which tilting directions of a liquid crystal element rotate to a direction vertical to a substrates face is taken, and an average optical axis is observed as a direction vertical to a substrates face which is the direction of a screw axis.

[0108]

Next, when rectangular wave voltage of \*\*3 kV and 1 Hz was impressed to the electrode pairs 4 and 4 from the power supply 31, a cross joint of a conoscope figure and a position of an annulus ring carried out the both-way shift at 1 Hz in a sliding direction. When an angle of gradient of an optical axis was calculated from NA value of an object lens of a microscope, a refractive index of a liquid crystal, and a shift amount of a cross-joint position, it was about 20 degrees.

[0109]

An opening equivalent to a square wave whose spatial frequency is 100 lp(s)/mm illuminated a mask pattern of a 5-micrometer angle from a rear face, and the transmitted light was observed through the optical path deflection element 1 included in a device shown in drawing 8. It is observed as a position of a mask pattern shifted in operating the optical path deflection element 1. By observing a situation of this shift with a high speed camera with a microscope, the amount of optical path shifts and its response time were measured. Impressing rectangular wave voltage of \*\*3 kV and 120 Hz to the electrode pairs 4 and 4 from the power supply 31. When observation (40500 frames per second of time resolution) by a high speed camera was performed, response time which 7 micrometers and movement of those take a shift amount is 1msec, and showed a shift amount and high speed response nature as for which a problem is not practically.

[0110]

Change was not looked at by oriented state of a liquid crystal layer even if it performed this operation for 8 consecutive hours. Change was not looked at by oriented state of a liquid crystal layer even if it repeated ON and OFF of a drive. Therefore, there is no degradation also in optical path deflection operation, and a stable optical path deflection element was obtained.

[0111]

(Comparative example 1)

Aluminium sheet thickness of an electrode and spacer was reduced to 65 micrometers, and it was made to be the same as that of Example 1 except not having used a polymers stabilization liquid crystal cell by a liquid crystallinity diacrylate constituent. When "CS1029" (made by Chisso) was used as a liquid crystal material, an angle of gradient of an optical axis by conoscope measurement was 25 degrees. By measurement by a high speed camera, response time which 9 micrometers and movement of those take a shift amount is 0.8msec, and showed a shift amount and high speed response nature as for which a problem is not practically.

When this operation was performed for 8 consecutive hours, few nebula parts occurred in a liquid crystal layer of an effective area. In this state, when ON and OFF of a drive was repeated, a nebula part grew. In this state, light transmittance of a liquid crystal element decreased and light scattering occurred.

Although this element was able to be returned to a good state of an early stacking tendency by heating and re-cooling to 80 \*\*, a stable optical path deflection element was not obtained.

[0112]

(Example 2)

A liquid crystal cell was created like Example 1 except having changed a ferroelectric liquid crystal composition, operation at the time of photopolymerization, and conditions as follows. Thickness of a liquid crystal layer was set as 65 micrometers.

0.5 % of the weight of liquid crystallinity diacrylate constituents of a compound which indicated a commercial photopolymerization initiator to be one weight section to (3) types, and a ferroelectric liquid crystal composition which consists of ferroelectric liquid crystal "CS2005" (made by Chisso) 99.5 % of the weight were adjusted.

Although CS2005 does not show a smectic A phase but its stacking tendency of a smectic C phase is bad, spontaneous polarization and a tilt angle are comparatively large.

[0113]

Where an empty cell and a ferroelectric liquid crystal composition are heated at about 80 \*\*, a ferroelectric liquid crystal composition was injected into an empty cell. Where a volts alternating current of \*\*2000V and 200 Hz is impressed to an electrode pair of this cell, when it cooled, nebula by orientation disorder occurred temporarily near the transition temperature from a chiral nematic phase to a chiral smectic C phase, but a stacking tendency was recovered gradually. Then, even if it cooled to a room temperature, a perpendicular orientation state of a chiral smectic C phase with a comparatively sufficient stacking tendency was maintained. It irradiated with ultraviolet rays of 60 mJ/cm<sup>2</sup> in the state. Then, it closed with adhesives and the polymers stabilization perpendicular orientation ferroelectric liquid crystal cell 1, i.e., an optical-path polarizing element, was obtained. This optical path deflection element was included in test equipment shown in drawing 8.

[0114]

When a conoscope figure of a liquid crystal layer was observed under a room temperature in an effective area of this optical path deflection element in the state of a non-electric field, a picture of a cross-joint form and an annulus ring was observed in the central part. Therefore, under a non-electric field, it has checked that an optical axis was vertical to a liquid crystal layer. Next, when rectangular wave voltage of \*\*3 kV and 1 Hz was impressed to an electrode pair from a power supply, a cross joint of a conoscope figure and a position of an annulus ring carried out the both-way shift at 1 Hz in a sliding direction. When an angle of gradient of an optical axis was calculated from NA value of an object lens of a microscope, a refractive index of a liquid crystal, and a shift amount of a cross-joint position, it was about 25 degrees.

[0115]

Like Example 1, an opening illuminated a mask pattern of a 5-micrometer angle from a rear face, and the transmitted light was observed through an optical path deflection element of this example included in test equipment shown in drawing 8. It is observed as a position of a mask pattern shifted in operating an optical path deflection element. By observing a situation of this shift with a high speed camera with a microscope, the amount of optical path shifts and its response time were measured. When observation (40500 frames per second of time resolution) by a high speed camera was performed impressing rectangular wave voltage of \*\*3 kV and 120 Hz to an electrode pair from a power supply, response time which 7 micrometers and movement of those take a shift amount is 1msec, and showed a shift amount and high speed response nature as for which a problem is not practically.

[0116]

(3) when a liquid crystallinity diacrylate compound like a compound shown in a formula is polymerized, in order to form a three-dimensional meshes-of-a-net organization, it is thought that an effect of orientation stabilization of a liquid crystal layer is very large, but since an effect of restricting transfer operation of a liquid crystal element simultaneously is also large, we are anxious about speed of response becoming slow. Then, although spontaneous polarization and a tilt angle are large and being excelled in high speed response nature like this example, orientation stability was also able to be raised, securing practical speed of response because orientation stability combines with a comparatively bad liquid crystal material.

[0117]

Change was not looked at by oriented state of a liquid crystal layer even if it performed this operation for 8 consecutive hours. Change was not looked at by oriented state of a liquid crystal layer even if it repeated ON and OFF of a drive. Therefore, there is no degradation also in optical path deflection operation, and a stable optical path deflection element was obtained. [0118]

(Comparative example 2)

It was made to be the same as that of Example 2 except not having impressed an AC electric field after liquid crystal pouring. Since a liquid crystal of Example 2 has the bad stacking tendency, at the time of cooling, nebula by orientation disorder began to occur near the transition temperature from a chiral nematic phase to a chiral smectic C phase, and nebula remains as it is also at a room temperature. Since a state will be fixed with orientation [ in disorder ], even if it performs photopolymerization in this state, a polymers organization by polymerization was not formed.

[01191]

[6.1.6] (Example 3)

The same empty cell as Example 1 was created. Thickness of a liquid crystal layer was set as 65 micrometers.

Next, 1 % of the weight of liquid crystallinity acrylate constituents of a compound which showed a commercial photopolymerization initiator in one weight section and (5) types, and a ferroelectric liquid crystal composition which consists of ferroelectric liquid crystal "CS1024" (made by Chisso) 99 % of the weight were adjusted. Although simple substance of a stacking tendency is also comparatively good and speed of response of CS1024 is also enough, stability at the time of prolonged operation has room for the further improvement.

[0120]

Where an empty cell and a ferroelectric liquid crystal composition are heated at about 80 \*\*, a ferroelectric liquid crystal composition was injected into an empty cell. A liquid crystal cooled this cell to temperature which shows a smectic A phase, and it irradiated with ultraviolet rays of 60 mJ/cm<sup>2</sup>, with a perpendicular orientation state of a smectic A phase maintained. Then, it cooled to a room temperature, and closed with adhesives, and a polymers stabilization perpendicular orientation ferroelectric liquid crystal cell was obtained. This optical path deflection element was included in test equipment shown in drawing 8.

〔0121〕

When a conoscope figure of a liquid crystal layer was observed under a room temperature in an effective area of this optical path deflection element in the state of a non-electric field, a picture of a cross-joint form and an annulus ring was observed in the central part. Therefore, under a non-electric field, it has checked that an optical axis was vertical to a liquid crystal layer. Next, when rectangular wave voltage of  $3\text{ kV}$  and  $1\text{ Hz}$  was impressed to an electrode pair from a power supply, a cross joint of a conoscope figure and a position of an annulus ring carried out the both-way shift at  $1\text{ Hz}$  in a sliding direction. When an angle of gradient of an optical axis was calculated from NA value of an object lens of a microscope, a refractive index of a liquid crystal, and a shift amount of a cross-joint position, it was about  $25$  degrees.

[0122]

Like Example 1, an opening illuminated a mask pattern of a 5-micrometer angle from a rear face, and the transmitted light was observed through an optical path deflection element included in test equipment shown in drawing 8. It is observed as a position of a mask pattern shifted in operating an optical path deflection element. By observing a situation of this shift with a high speed camera with a microscope, the amount of optical path shifts and its response time were measured. When observation (40500 frames per second of time resolution) by a high speed camera was performed impressing rectangular wave voltage of \*\*3 kV and 120 Hz to an electrode pair from a power supply, response time which 7 micrometers and movement of those take a shift amount is 1.5msec, and showed a shift amount and high speed response nature as for which a problem is not practically.

[0123]

(5) When a liquid crystallinity acrylate compound which has a methylene spacer like a compound shown in a formula is polymerized, in order to form a side chain type liquid crystal polymer, it is thought that an effect of orientation stabilization of a liquid crystal layer is comparatively small, but. Since an effect of restricting transfer operation of a liquid crystal element is small, there is little influence on speed of response. Then, long-term orientation stability is maintainable, securing practical speed of response because orientation stability combines with a comparatively good liquid crystal material like this example.

[0124]

Change was not looked at by oriented state of a liquid crystal layer even if it performed this operation for 8 consecutive hours. Change was not looked at by oriented state of a liquid crystal layer even if it repeated ON and OFF of a drive. Therefore, there is no degradation also in optical path deflection operation, and a stable optical path deflection element was obtained.

[0125]

(Comparative example 3)

It was made to be the same as that of Example 3 except not having used a polymers stabilization liquid crystal cell by a liquid crystallinity acrylate constituent. By measurement by a high speed camera, response time which 9 micrometers and movement of those take a shift amount is 1.3msec, and showed a shift amount and high speed response nature as for which a problem is not practically.

When this operation was performed for 8 consecutive hours, few nebula parts occurred in a liquid crystal layer of an effective area. In this state, when ON and OFF of a drive was repeated, a nebula part grew. In this state, light transmittance of an element decreased and light scattering occurred.

Although this element was able to be returned to a good state of an early stacking tendency by heating and re-cooling to 80 \*\*, a stable optical path deflection element was not obtained.

[0126]

(Example 4)

Drawing 9 is a figure showing an optical path deflection device using an optical-path polarizing element which has the 2nd electrode pair.

In the figure, the numerals 32 show the 2nd electrode.

The same empty cell 1' as Example 1 was created except having provided in the 2nd electrode pair 4 and 4, as shown in the figure. The same strong dielectric liquid crystallinity constituent as Example 1 was poured in, where a volts alternating current is impressed like Example 2, it cooled, and a good chiral smectic C phase of a stacking tendency was formed also at a room temperature. Next, an optical path deflection device shown in drawing 9 was constructed, and where a 200v/mm direct-current electric field is impressed from the 2nd power supply 32 in the 2nd electrode pair 4 and 4, photopolymerization was performed similarly. Then, it closed with adhesives and a polymers stabilization perpendicular orientation ferroelectric liquid crystal cell was obtained. It is thought that polymers stabilization of the direction of an electric field depended in the 2nd electrode pair 4 and 4 is carried out after aiming to differ from an electric field for an optical path deflection drive, a spiral of a chiral smectic C phase coming loose like drawing 2 and a liquid crystal element's having inclined in the direction of [ other than the time of a drive ].

[0127]

Drawing 10 is a mimetic diagram showing a sensing device of the transmitted light of an optical path deflection element.

In the figure, the numerals 33 and 34 show a polarizing plate and 35 shows a photodetector, respectively.

The optical-path polarizing element 1 of the figure shall be used in the state where it was included in an optical path deflection device shown in drawing 9. However, since an electric field is not applied to the electrode pairs 4 and 4 at the time of actual use, the 2nd power supply 32 is removed.

An optical path deflection device shown in drawing 9 using the optical deflection elements 1

created in Example 4 was built into a device as shown in drawing 10, and intensity of time of transient light scattering was measured. Numerals shown in drawing 9 are also used in the following explanation.

Drawing 10 (a) is a figure showing the state where a predetermined electric field was applied to the optical-path polarizing element 1 by the power supply 31 shown in drawing 9, and a liquid crystal element has arranged uniformly. Drawing 10 (b) is a figure showing a state when arrangement of a liquid crystal element is transitionally confused at the time of reversal of an electric field.

[0128]

The unpolarized laser beam L0 is entered in the optical deflection elements 1 as the polarization L1 of a sliding direction of a figure through the polarizing plate 33. It arranges so that a polarization direction of the incident light L1 and a deflection direction of the optical deflection elements 1 may be in agreement, and the polarizing plate 34 of cross Nicol is arranged after the optical deflection elements 1. As shown in drawing 10 (a), where a predetermined electric field is applied to the optical path deflection element 1, a liquid crystal element in the optical path deflection element 1 carries out orientation uniformly, and an optical path shift phenomenon is produced, but since neither rotatory polarization nor disorder is produced, transmitted light L1' does not penetrate the next polarizing plate 34. In transient state as shown in drawing 10 (b) on the other hand, in case an electric field applied to the optical path deflection element 1 is reversed, since orientation of a liquid crystal element is in disorder, a plane of polarization is also confused, the transmitted light L2 turns into the scattered light, and the light L3 which has a polarization direction vertical to space which leaks and comes out the next polarizing plate 34 produces it. Intensity and time of transient light scattering can be measured by detecting intensity and time of this light L3 that leaked and came out with the photodetector 35.

[0129]

In the optical path deflection element 1 shown in drawing 10, when measured from the 1st power supply 31 by impressing rectangular wave voltage of \*\*2000V and 100 Hz to the 1st electrode pairs 4 and 4, detection time of 10 mV and light leaking of detection voltage of the light leaking L3 by transitional light scattering was 1msec. An opening illuminated a mask pattern of a 5-micrometer angle for a situation of an optical path shift in this driving condition from a rear face like Example 1, and that transmitted light was observed with a high speed camera with a microscope through an optical path deflection element shown in drawing 9.

[0130]

Drawing 11 is a figure showing a situation of movement of a pattern of the transmitted light. In the figure, the numerals 36 show a position of a pattern of the transmitted light of a mask pattern. When an opening moved, as shown in drawing 11, the position 36 of a pattern of the transmitted light drew a circular locus slightly, and moved to the 2nd position 36c via the halfway point 36b from the 1st position 36a. An opening dot was observed with comparatively sufficient contrast also during movement. Therefore, a hand of cut at the time of reversal of a liquid crystal element was controlled by one way, and in a problem, transient light scattering accompanying reversal is a level which is not, and it was judged in light leaking intensity of this level and time that there was no problem practically by a actual optical path shift phenomenon.

[0131]

(Comparative example 4)

Same transient light scattering was measured using a liquid crystal element which performed photopolymerization to Example 4 without impressing a direct-current electric field to the 2nd electrode pair. Detection time of 20 mV and light leaking of detection voltage of light leaking was 1.5msec. When a moving process of an opening was observed with a high speed camera, a linear shape locus was drawn. It was observed that an opening dot faded and transitional light scattering has occurred during movement. Since a hand of cut at the time of reversal of a liquid crystal element was not controlled, transient light scattering accompanying reversal had occurred, but it was judged that generating time of light leaking was comparatively short, and tolerance level practically.

[0132]

**(Example 5)**

The 4 direction shifter similar to drawing 5 was created, and an image display device similar to drawing 7 was constituted. Numerals shown below apply to numerals shown in both figures. A polysilicon TFT liquid crystal light valve of 0.9 inch of diagonal XGA (1024x768 dots) was used as the image display element 24. Every direction of a picture element pitch is about 18 micrometers. A numerical aperture of a pixel is about 50%. It had composition which provides a microlens array and raises a condensing rate of illumination light to the light source side of the image display element 24. In this example, what is called a field sequential system that switches a color of light irradiate the image display element 24 of the above-mentioned liquid crystal panel of one sheet at high speed, using a LED source of RGB 3 color as the light source 21, and performs a colored presentation is adopted.

[0133]

In this example, subfield frequency shall be 240 Hz, 4 times, for 4 times as many pixel multiplication according [ frame frequency of image display ] to 60 Hz and a pixel shift. In order to divide inside of one subframe into further 3 classification by color, a picture corresponding to each color is switched at 720 Hz. An observer catches sight of a full color image by turning on and off LED source 21 of a corresponding color according to display timing of a picture of each color of the image display element 24 of a liquid crystal panel.

Basic constitution of the optical path deflection element 1 is the same as that of Example 1. A blower fan of the open air was provided, and air cooling was carried out so that temperature of the optical path deflection element 1 might be the same 25 \*\* as outside air temperature.

[0134]

Using an optical path deflection element 2 sets, the incidence side was used as the 1st optical path deflection element 10, and the outgoing radiation side was used as the 2nd optical path deflection element 12. The direction of the mutual transparent electrode line 4 intersected perpendicularly, and it has arranged so that it may be in agreement with an arrangement direction which is a pixel of the image display element 24. Emitted light from a liquid crystal light valve of the image display element 24 is already linear polarization, in this example, are arranged so that the polarization direction may be in agreement with the direction of an optical path deflection of the first optical path deflection element 10, but. In order to ensure a polarization degree of incident light to an optical path deflection element, a linear polarization plate was formed in the entrance plane side of the optical path deflection element 10 as a polarization direction control means.

[0135]

Polarization plane rotation element 11' was provided between the 1st and 2nd optical path deflection elements. On two glass substrates (3 cm x 4 cm, and 3 mm in thickness), polarization plane rotation element 11' carried out the spin coat of the orientation material of a polyimide system, and formed about 0.1-micrometer orienting film. Rubbing treatment was performed after annealing treatment of a glass substrate. A rubbing treated surface was made to counter a periphery of two glass substrates on both sides of a spacer of 8-micrometer thickness, both substrates were pasted together and an empty cell was produced so that a rubbing direction might intersect perpendicularly. Into this cell, material with which permittivity anisotropy mixed a proper quantity of chiral materials to a positive nematic liquid crystal was poured in under ordinary pressure, and a TN liquid crystal cell which was able to twist orientation of a liquid crystal element 90 degrees was created.

[0136]

Since an electrode is not provided in this cell, it functions on it as mere polarization rotation element 11'. Discharge between aluminum electrodes of both the optical path deflection elements 10 and 12 is prevented. It has inserted and arranged between two optical path deflection means so that a rubbing direction of a plane of polarization of light and an entrance plane of polarization rotation element 11' emitted from the 1st optical path deflection element 10 may be in agreement. A plane of polarization of emitted light from the 1st optical path

deflection element 10 rotates 90 degrees by polarization plane rotation element 11', and it is in agreement with a deflection direction of the 2nd optical path deflection element 12. The 1st optical path deflection element 10, polarization plane rotation element 11', and the optical deflection device 29 that consists of the 2nd optical path deflection element 12 were installed immediately after the image display element 24.

[0137]

Voltage of rectangular wave voltage which cools the optical path deflection elements 10 and 12 at about 25 \*\* with a blower fan, and drives the optical path deflection elements 10 and 12 \*\*3 kV (an average electric field is \*\*300V/mm), Frequency was 120 Hz, a phase of a square wave applied to an optical path deflection element of two sheets was shifted 90 degrees, as drawing 6 showed, and driving timing was set up in the four directions carry out a pixel shift. In this driver voltage, the amount of optical path shifts is about 9 micrometers, and a pixel shifts it by 1/2 pixel, and it is displayed.

[0138]

A picture with a frame frequency of 60 Hz which was seen in a 2-way in every direction and in which upper pixel number carried out multiplication to each [ twice ] by rewriting a subfield picture displayed on the image display element 24 at 240 Hz has been displayed. Pixel shift amounts are uniform from a center of a picture to an end, and a high definition picture was acquired. Switching time of the optical path deflection elements 10 and 12 is about 1 msec, and sufficient efficiency for light utilization was acquired. Flickers were not observed. A picture even with after [ high definition ] continuous running of 8 more hours was maintained.

[0139]

(Comparative example 5)

It was made to be the same as that of Example 5 except having used an element which knit an optical rotation element by a twist nematic liquid crystal cell of 10 micrometers of liquid crystal layer thickness, and a double refraction element of  $\text{LiNbO}_3$  as the optical path deflection

element 1. Numerals use drawing 5 and 7 like Example 5.

The same polarization plane rotation element 11' as Example 5 was provided among both using 2 sets of optical path deflection elements 10 and 12. Cool the optical path deflection elements 10 and 12 at about 25 \*\* with a blower fan, and shall set to \*\*10V voltage of rectangular wave voltage which drives the optical deflection elements 10 and 12, frequency shall be 120 Hz, and a phase of a square wave applied to the optical path deflection elements 10 and 12 of two sheets is shifted 90 degrees, Driving timing was set up in the four directions carry out a pixel shift.

[0140]

Although the amount of optical path shifts was about 9 micrometers, and a pixel shifted and was displayed by 1/2 pixel in this driver voltage, speed of response of these optical path deflection elements 10 and 12 is 15msec, and a 120-Hz high speed drive was not able to be answered.

Then, the optical path deflection elements 10 and 12 were driven at 60 Hz, and a picture with a frame frequency of 30 Hz which was seen in a 2-way in every direction and in which upper pixel number carried out multiplication to each [ twice ] by rewriting a subfield picture displayed on the image display element 24 at 120 Hz has been displayed. However, a flicker etc. were observed. The wavelength dependency of the amount of optical path shifts was large, and a ghost pixel occurred outside a shift position.

[0141]

[Effect of the Invention]

Since the liquid crystal layer of a chiral smectic C phase which makes the homeotropic orientation with which it filled up between substrates contains the organization of fibrous or mesh shape, an oriented state is stable and it is lost that orientation is in disorder also in repeated use.

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1]It is a cross section of the optical path deflection element for describing a 1st embodiment of this invention.

[Drawing 2]At the time of optical deflection operation, it is a mimetic diagram showing signs that

a polymers polymerization is carried out, impressing the direct-current electric field of a different direction.

[Drawing 3]It is a mimetic diagram showing the state of the liquid crystal layer at the time of using a liquid crystalline polymer as a polymer material.

[Drawing 4]It is a figure showing the outline of an optical path deflection device of having a means to regulate the polarization direction of the incident light to an optical path deflection element in the specific direction.

[Drawing 5]It is a schematic diagram for explaining the composition of the 4 direction shifter by the combination of an optical path deflection element.

[Drawing 6]It is a timing chart which shows an example of a drive of the 4 direction shifter.

[Drawing 7]It is a schematic diagram of the image display device using an optical path deflection element.

[Drawing 8]It is a figure showing the test equipment for checking operation of an optical path deflection element.

[Drawing 9]It is a figure showing the optical path deflection device using the optical-path polarizing element which has the 2nd electrode pair.

[Drawing 10]It is a mimetic diagram showing the sensing device of the transmitted light of an optical path deflection element.

[Drawing 11]It is a figure showing the situation of movement of the pattern of the transmitted light.

[Drawing 12]It is a figure showing the section of an optical path deflection element typically.

[Drawing 13]It is a figure showing the example of a different electrode configuration.

[Drawing 14]It is a figure showing typically an electric field direction and the slope direction of a liquid crystal element about the composition shown in drawing 12.

[Drawing 15]It is a mimetic diagram showing a situation when an electric field is reversed from the state of drawing 14.

[Drawing 16]It is a figure showing typically the oriented state of a liquid crystal element, and the principle of an optical path deflection.

[Drawing 17]It is a figure showing typically the state where the electric field was reversed in drawing 16.

[Drawing 18]It is a figure for explaining generating of the orientation defects in a smectic C phase.

[Drawing 19]They are drawing 14 and a figure showing the inclining state of the liquid crystal element in an optical path deflection element like 15.

[Description of Notations]

1, 10, and 12 Optical-path polarizing element

2 Substrate

3 Vertical orientation films

4 Electrode

5 Liquid crystal layer

7 Spacer

8 Linear polarization plate

9 The 4 direction shifter

11 1/2 wavelength plate

---

[Translation done.]

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-184522

(P2004-184522A)

(43) 公開日 平成16年7月2日(2004.7.2)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>G02F 1/13  
G02F 1/1334  
G02F 1/31

F 1

G02F 1/13 505  
G02F 1/1334  
G02F 1/31テーマコード(参考)  
2H088  
2H089  
2K002

審査請求 未請求 請求項の数 20 O.L. (全 29 頁)

(21) 出願番号  
(22) 出願日特願2002-348535 (P2002-348535)  
平成14年11月29日 (2002.11.29)(71) 出願人 000006747  
株式会社リコー  
東京都大田区中馬込1丁目3番6号  
(74) 代理人 100067873  
弁理士 横山 亨  
(74) 代理人 100090103  
弁理士 本多 章悟  
(72) 発明者 杉本 浩之  
東京都大田区中馬込1丁目3番6号・株式  
会社リコー内  
(72) 発明者 鶴田 才明  
東京都大田区中馬込1丁目3番6号・株式  
会社リコー内

最終頁に続く

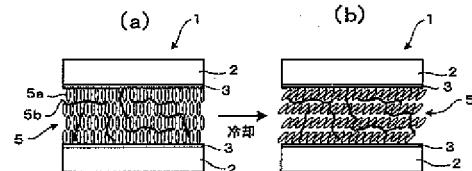
(54) 【発明の名称】光路偏向素子

## (57) 【要約】

【課題】光路偏向素子で数 $\mu$ mから数十 $\mu$ m程度の実用的な光路シフト量を得るために、液晶層の厚みを数十 $\mu$ mから数百 $\mu$ mと比較的厚く設定する必要があるが、光路偏向素子作成時あるいは継続的な光路シフト駆動に伴い、液晶部に白濁が発生する場合がある。比較的液晶層が厚い垂直配向強誘電性液晶素子においては、均一な配向状態を形成・維持することが重要課題である。

【解決手段】光路偏光素子1は、垂直配向膜3を内側に有する透明な一対の基板2、2間に充填された、ホメオトロピック配向をなすキラルスマクチックC相を形成可能な液晶層5に、高分子材料のモノマー等を含ませ、液晶層5がスマクチックA相を形成する温度に保持して分子配向を整え、光重合を行って高分子材料から成る纖維状あるいは網目状の組織5bを形成した後、キラルスマクチックC相を形成する温度まで冷却する。液晶層5が厚くても液晶分子の乱れがない。

【選択図】 図1



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

透明な一对の基板と、該基板間に充填されたホメオトロピック配向をなすキラルスマクチックC相を形成可能な液晶層と、該液晶層内の前記基板面と平行な方向に駆動電界を形成する電極対とを有し、該電極対にかける駆動電界の方向の切換えによって液晶分子の配向方向を切換えて前記液晶層の層法線に対する光学軸の傾斜方向を切換えて、前記基板面への入射光に対する、前記基板面からの出射光路を切換える光路偏向素子において、前記液晶層が繊維状あるいは網目状の組織を含有することを特徴とする光路偏向素子。

**【請求項 2】**

請求項1に記載の光路偏向素子において、前記液晶層の厚さが10μm以上であることを特徴とする光路偏向素子。 10

**【請求項 3】**

請求項1または2に記載の光路偏向素子において、無電界時の前記光学軸が前記液晶層の層法線に対して駆動電界の方向に傾斜していることを特徴とする光路偏向素子。

**【請求項 4】**

請求項1ないし3のいずれか1つに記載の光路偏向素子において、前記組織は、モノマーまたはプレポリマーの少なくとも一方を光重合開始剤によって重合することにより形成されていることを特徴とする光路偏向素子。

**【請求項 5】**

請求項4に記載の光路偏向素子において、前記組織を含む液晶層は、前記光重合の際の光透過率が80%以上であることを特徴とする光路偏向素子。 20

**【請求項 6】**

請求項4または5に記載の光路偏向素子において、前記組織は、ホメオトロピック配向をなすスマクチックA相を示す温度域で重合させたことを特徴とする光路偏向素子。

**【請求項 7】**

請求項4または5に記載の光路偏向素子において、前記組織は、前記液晶層内の前記基板面と平行な方向に交流電界を印加した状態で、スマクチックA相の温度からキラルスマクチックC相の温度まで冷却し、前記交流電界が印加された状態で重合させたことを特徴とする光路偏向素子。

**【請求項 8】**

請求項4または5に記載の光路偏向素子において、前記組織は、キラルスマクチックC相を示す温度域で、光偏向動作時とは異なる方向の直流電界を印加した状態で重合させたことを特徴とする光路偏向素子。 30

**【請求項 9】**

請求項1ないし8のいずれか1つに記載の光路偏向素子において、前記組織は、液晶性骨格を部分構造として有することを特徴する光路偏向素子。

**【請求項 10】**

請求項9に記載の光路偏向素子において、前記組織は、液晶骨格と二つのアクリロイルオキシ基の間にメチレンスペーサーがある液晶性ジ(メタ)アクリレートを重合して形成されたことを特徴とする光路偏向素子。 40

**【請求項 11】**

請求項9に記載の光路偏向素子において、前記組織は、液晶骨格と一つのアクリロイルオキシ基の間にメチレンスペーサーがある液晶性(メタ)アクリレートを重合して形成されたことを特徴とする光路偏向素子。

**【請求項 12】**

請求項9に記載の光路偏向素子において、前記組織は、液晶骨格と一つのアクリロイルオキシ基の間にメチレンスペーサーが無い液晶性(メタ)アクリレートを重合して形成されたことを特徴とする光路偏向素子。

**【請求項 13】**

請求項1ないし12のいずれか1つに記載の光路偏向素子において、前記光路偏向素子へ 50

の入射光の偏光方向を、前記光学軸を基板面上に投影した方向に平行な方向に設定する偏光方向規制手段を有することを特徴とする光路偏向素子。

【請求項 1 4】

請求項 1 3 に記載の光路偏向素子において、前記光路偏向素子の出射光の偏光面を所定の方向に回転させる偏光面回転手段と、偏光面回転後の出射光を入射光とする第 2 の光路偏向素子を有し、前記光路偏向手段と該第 2 の光路偏向手段の液晶層法線方向は略一致させ、両光路偏向手段の電界方向が所定の角度になるように配置されてなることを特徴とする光路偏向素子。

【請求項 1 5】

請求項 1 ないし 1 4 のいずれか 1 つに記載の光路偏向素子を有し、画像情報に従って光を制御可能な複数の画素が二次元的に配列した画像表示素子と、画像表示素子を照明する光源および照明装置と、画像表示素子に表示した画像パターンを観察するための光学装置と、画像フィールドを時間的に分割した複数のサブフィールドで形成する表示駆動手段と、サブフィールド毎の光路の偏向状態に応じて表示位置がずれている状態の画像パターンを表示することで、画像表示素子の見かけ上の画素数を増倍して表示することを特徴とする画像表示装置。

10

【請求項 1 6】

透明な一対の基板を所定の間隔で平行配置し、該基板面と平行な方向に駆動電界を形成する電極対を配置し、該基板間にホメオトロピック配向をなすキラルスマクチック C 相を形成可能な液晶層を形成する光路偏向素子の製造方法において、前記液晶がモノマーまたはプレポリマーを含有し、前記基板間に該液晶を注入してホメオトロピック配向状態を形成した状態で、モノマーまたはプレポリマーの少なくとも一方を光重合開始剤によって重合することを特徴とする光路偏向素子の製造方法。

20

【請求項 1 7】

請求項 1 6 に記載の光路偏向素子の製造方法において、前記光による重合を行うときの前記液晶層の透過率が 80 % 以上であることを特徴とする光路偏向素子の製造方法。

【請求項 1 8】

請求項 1 6 または 1 7 に記載の光路偏向素子の製造方法において、前記液晶層がホメオトロピック配向をなすスマクチック A 相を示す温度域で重合することを特徴とする光路偏向素子の製造方法。

30

【請求項 1 9】

請求項 1 6 または 1 7 に記載の光路偏向素子の製造方法において、前記液晶層内の前記基板面と平行な方向に交流電界を印加した状態で、スマクチック A 相の温度からキラルスマクチック C 相の温度まで冷却し、前記交流電界が印加された状態で重合することを特徴とする光路偏向素子の製造方法。

【請求項 2 0】

請求項 1 6 または 1 7 に記載の光路偏向素子の製造方法において、キラルスマクチック C 相を示す温度域で、光偏向動作時とは異なる方向の直流電界を印加した状態で重合することを特徴とする光路偏向素子の製造方法。

40

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【産業上の利用分野】

本発明は、電気信号によって光の方向を変える光路偏向素子、光偏向デバイスおよびこれらの光路偏向素子、または光偏向デバイスを利用した画像表示装置に関する。光路シフト素子はプロジェクションディスプレイ、ヘッドマウントディスプレイなどの電子ディスプレイ装置等に用いられる。

【0 0 0 2】

【従来の技術】

従来技術の説明に先立って、本明細書において用いる用語について定義しておく。

“光路偏向素子”とは、外部からの電気信号により光の光路を偏向、即ち、入射光に対し

50

て出射光を平行にシフトさせるか、或る角度を持って回転させるか、或いは、その両者を組合せて光路を切換えることが可能な光学素子を意味する。この説明において、平行シフトによる光路偏向においてそのシフトの大きさを”シフト量”と呼ぶものとする。”光路偏向装置”とは、このような光路偏向素子を含み、光の光路を偏向させるデバイスを意味する。

#### 【0003】

また、”ピクセルシフト素子”とは、少なくとも画像情報に従って光を制御可能な複数の画素を二次元的に配列した画像表示素子と、画像表示素子を照明する光源と、画像表示素子に表示した画像パターンを観察するための光学部材と、画像フィールドを時間的に分割した複数のサブフィールド毎に画像表示素子と光学部材の間の光路を偏向する光偏向手段とを有し、光路偏向手段によりサブフィールド毎の光路の偏向に応じて表示位置がずれている状態の画像パターンを表示させることで、画像表示素子の見掛け上の画素数を増倍して表示する画像表示装置における光路偏向手段を意味する。従って、基本的には、上記定義による光路偏向素子や光路偏向デバイスを光路偏向手段として応用することが可能といえる。

10

#### 【0004】

従来より、光路偏向素子なる光学素子として、 $KH_2PO_4$  (KDP)、 $NH_4H_2PO_4$  (ADP)、 $LiNbO_3$ 、 $LiTaO_3$ 、 $GaAs$ 、 $CdTe$ など第1次電気光学効果(ポッケルス効果)の大きな材料や、 $KTN$ 、 $SrTiO_3$ 、 $CS_2$ 、ニトロベンゼン等の第2次電気光学効果の大きな材料を用いた電気光学デバイスや、ガラス、シリカ、 $TeO_2$ などの材料を用いた音響光学デバイスが知られている(例えば、非特許文献1 参照)。これらは、一般的に、十分大きな光路偏向量を得るためにには光路長を長く取る必要があり、また、材料が高価であるため用途が制限されている。

20

#### 【0005】

一方で、液晶材料を用いた光路偏向素子なる光学素子も各種提案されており、その数例を挙げると、以下に示すような提案例がある。

光空間スイッチの光の損失を低減することを目的に、人工複屈折板からなる光ビームシフタが提案されている(例えば、特許文献1 参照。)。内容的には、2枚のくさび形の透明基板を互いに逆向きに配置し、該透明基板間に液晶層を挟んだ光ビームシフタ、及びマトリクス形偏向制御素子の後面に前記光ビームシフタを接続した光ビームシフタが提案され、併せて、2枚のくさび形の透明基板を互いに逆向きに配置し、該透明基板間にマトリクス駆動が可能で、入射光ビームを半セルシフトする液晶層を挟んだ光ビームシフタを半セルずらして多段接続した光ビームシフタが提案されている。

30

#### 【0006】

また、大きな偏向を得ることが可能で、偏向効率が高く、しかも、偏向角と偏向距離とを任意に設定することができる光偏向スイッチが提案されている(例えば、特許文献2 参照。)。具体的には、2枚の透明基板を所定の間隔で対向配置させ、対向させた面に垂直配向処理を施し、透明基板間にスメクチックA相の液晶を封入し、前記透明基板に対して垂直配向させ、スメクチック層と平行に交流電界を印加できるように電極対を配置し、電極対に交流電界を印加する駆動装置を備えた液晶素子である。即ち、スメクチックA相の液晶による電傾効果を用い、液晶分子の傾斜による複屈折によって、液晶層に入射する偏光の屈折角と変位する方向を変化できるようにしたものである。

40

#### 【0007】

前者の特許文献1においては、液晶材料にネマチック液晶を用いているため、応答速度をサブミリ秒にまで速めることは困難であり、高速なスイッチングが必要な用途には用いることはできない。

また、後者の特許文献2においては、スメクチックA相の液晶を用いているが、スメクチックA相は自発分極を持たないため、高速動作は望めない。

#### 【0008】

次に、ピクセルシフト素子に関して従来提案されている技術を数例挙げて説明する。

50

表示素子に表示された画像を投写光学系によりスクリーン上に拡大投影する投影表示装置において、前記表示素子から前記スクリーンに至る光路の途中に透過光の偏光方向を旋回できる光学素子を少なくとも1個以上と複屈折効果を有する透明素子を少なくとも1個以上を有してなる投影画像をシフトする手段と、前記表示素子の開口率を実効的に低減させ、表示素子の各画素の投影領域が前記スクリーン上で離散的に投影される手段と、を備えた投影表示装置がある（例えば、特許文献3 参照。）。

## 【0009】

特許文献3においては、偏光方向を旋回できる光学素子（旋光素子と呼ぶ）を少なくとも1個以上と複屈折効果を有する透明素子（複屈折素子と呼ぶ）を少なくとも1個以上をしてなる投影画像シフト手段（ピクセルシフト手段）によりピクセルシフトを行っている。問題点として、旋光素子と複屈折素子とを組合せて使用するため、光量損失が大きいこと、光の波長によりピクセルシフト量が変動し解像度が低下しやすいこと、旋光素子と複屈折素子との光学特性のミスマッチから本来画像が形成されないピクセルシフト外の位置に漏れ光によるゴースト等の光学ノイズが発生しやすいこと、素子化のためのコストが大きいこと等が挙げられる。特に、複屈折素子に前述したような  $KH_2PO_4$  (KDP),  $NH_4H_2PO_4$  (ADP),  $LiNbO_3$ ,  $LiTaO_3$ ,  $GaAs$ ,  $CdTe$  など第1次電気光学効果（ポッケルス効果）の大きな材料を使用した場合、顕著である。

10

## 【0010】

また、制御回路により、画像蓄積回路に蓄積した本来表示すべき画像を市松状に画素選択回路へサンプリングして順次空間光変調器に表示し、投影させ、さらに、制御回路により、この表示に対応させてパネル揺動機構を制御して空間光変調器の隣接画素ピッチ距離を整数分の一ずつ移動させることで、本来表示すべき画像を時間的な合成により再現するようにした投影機がある（例えば、特許文献4 参照。）。これにより、空間光変調器の画素の整数倍の分解能で画像を表示可能にするとともに、画素の粗い空間光変調器と簡単な光学系を用いて安価に投影機を構成可能としている。

20

## 【0011】

ところが、特許文献4においては、画像表示用素子自体を画素ピッチよりも小さい距離だけ高速に揺動させるピクセルシフト方式が記載されており、この方式では、光学系は固定されているので諸収差の発生が少ないが、画像表示素子自体を正確かつ高速に平行移動させる必要があるため、可動部の精度や耐久性が要求され、振動や音が問題となる。

30

## 【0012】

さらに、LCD等の画像表示装置の画素数を増加させることなく、表示画像の解像度を、見掛け上、向上させるため、縦方向及び横方向に配列された複数個の画素の各々が、表示画素パターンに応じて発光することにより、画像が表示される画像表示装置と、観測者又はスクリーンとの間に、光路をフィールド毎に変更する光学部材を配し、また、フィールド毎に、前記光路の変更に応じて表示位置がずれている状態の表示画素パターンを画像表示装置に表示させるようにした装置が提案されている（例えば、特許文献5 参照。）。ここに、屈折率が異なる部位が、画像情報のフィールド毎に、交互に、画像表示装置と観測者又はスクリーンとの間の光路中に現れるようにすることで、前記光路の変更が行われるものである。

40

## 【0013】

特許文献5においては、光路を変更する手段として、電気光学素子と複屈折材料の組合せ機構、レンズシフト機構、バリアングルプリズム、回転ミラー、回転ガラス等が記述されており、上記旋光素子と複屈折素子を組合せてなる方式の他に、ボイスコイル、圧電素子等によりレンズ、反射板、複屈折板等の光学素子を変位（平行移動、傾斜）させ光路を切り替える方式が提案されているが、この方式においては、光学素子を駆動するために構成が複雑となりコストが高くなる。

## 【0014】

また、回転機械要素を不要化でき、全体の小型化、高精度・高分解能化を実現でき、しかも外部からの振動の影響を受け難い光ビーム偏向装置が提案されている（例えば、特許文

50

献6 参照。)。具体的には、光ビームの進行路上に配置される透光性の圧電素子と、この圧電素子の表面に設けられた透明の電極と、圧電素子の光ビーム入射面Aと光ビーム出射面Bとの間の光路長を変化させて光ビームの光軸を偏位させるために電極を介して圧電素子に電圧を印加する電圧印加手段とを備えている。

【0015】

特許文献6では、透光性の圧電素子を透明の電極で挟み、電圧を印加することで厚みを変化させて光路をシフトさせる方式が提案されているが、比較的大きな透明圧電素子を必要とし、装置コストがアップする等、前述の特許文献5の場合と同様の問題点がある。

【0016】

【特許文献1】

10

特開平6-18940号公報 (第2頁、請求項1、2、段落0004)

【特許文献2】

特開平9-133904号公報 (第3頁、段落0017~0019)

【特許文献3】

特許第2939826号公報 (請求項1、第4~5頁、第4~5図)

【特許文献4】

特開平5-313116号公報 (請求項1、第1~2頁、第1図)

【特許文献5】

特開平6-324320号公報 (第5頁、第5図)

【特許文献6】

20

特開平10-133135号公報 (第3~4頁、段落0020~0024)

【非特許文献1】

青木昌治編 「オプトエレクトロニクデバイス」、初版第1刷、日本国、昭晃堂、昭和61年10月31日、p. 119-161

【0017】

【発明が解決しようとする課題】

上述したように、従来の技術では、構成の簡易化や小型化を図った光路偏向装置では光路シフト動作を十分に高速化することができず、光路シフト動作の高速化を図った光偏向装置では装置構成の複雑化や、装置構成の複雑化に伴う高コスト化や装置の大型化等の問題を抱えている。

30

発明者らは、一対の基板間にホメオトロピック配向をなすキラルスマクチックC相よりも液晶分子を略垂直配向させ、液晶層に対して略平行な方向に電界を発生させることで液晶分子の方向を所望の方向に変化させてピクセルシフトを行う構成の光路偏向素子により、比較的簡単な構成で高速なピクセルシフトを可能とすることを見出した (特願2001-014321)。従来の光路偏向素子の構成が複雑であることに伴う高コスト、装置大型化、光量損失、光学ノイズ等を改善でき、かつ、従来のスマクチックA液晶やネマチック液晶などにおける応答性の鈍さも改善でき、高速応答が可能となるようにした。

【0018】

この光路偏向素子では、一対の電極間に数百Hz程度の交流電圧 (例えば、矩形波電圧) を作用させることで、入射光の光路を数百Hzの切り替えタイミングで2方向に切り替えて出射させることができる。上述したように、光路シフトは人間の目の残像現象を利用しているため、入射光の光路の切り替えタイミングは30Hz以上であれば良いが、フリッカーを確実に防止するためには、百~数百Hzに設定することが好ましい。

40

【0019】

ところで、このような光路偏向素子で数μmから数十μm程度の実用的な光路シフト量を得るためにには、液晶層の厚みを数十μmから数百μmと比較的厚く設定する必要があるが、液晶素子としては十分に厚い垂直配向のスマクチック相を形成する強誘電性液晶を素子化した例は少ない。発明者らの検討の結果、光路偏向素子作成時あるいは継続的な光路シフト駆動に伴い、液晶部に白濁が発生する場合があることを見出した。

【0020】

50

一般に液晶層において液晶分子が均一に垂直配向している場合、該液晶層中にはアイソジヤアと呼ばれる暗十字線状のコノスコープ像を鮮明に観察することができるが、白濁が発生した部分では、コノスコープ像が非常に不鮮明であり、また、白濁の強い部分ではアイソジヤアは全く観察されなかった。これは、液晶分子の垂直配向状態が乱れている証拠であり、白濁した部分の液晶分子のダイレクタは不揃いであり、白濁が発生した光偏向素子では良好な光路シフトの機能を得ることができない。詳細は煩雑になるので後述する。

#### 【0021】

したがって、比較的液晶層が厚い垂直配向強誘電性液晶素子においては、均一な配向状態を形成・維持することが重要課題であることに着目し、本発明に至った。

本発明の目的は、構成を容易化した光偏向素子による光路シフト動作の高速化を図るとともに、繰り返し使用による配向欠陥の発生を抑制し、信頼性を向上させることである。

10

#### 【0022】

##### 【課題を解決するための手段】

請求項1に記載の発明では、透明な一対の基板と、該基板間に充填されたホメオトロピック配向をなすキラルスマクチックC相を形成可能な液晶層と、該液晶層内の前記基板面と平行な方向に駆動電界を形成する電極対とを有し、該電極対にかける駆動電界の方向の切換えによって液晶分子の配向方向を切換えて前記液晶層の層法線に対する光学軸の傾斜方向を切換えて、前記基板面への入射光に対する、前記基板面からの出射光路を切換える光路偏向素子において、前記液晶層が繊維状あるいは網目状の組織を含有することを特徴とする。

20

#### 【0023】

請求項2に記載の発明では、請求項1に記載の光路偏向素子において、前記液晶層の厚さが10μm以上であることを特徴とする。

請求項3に記載の発明では、請求項1または2に記載の光路偏向素子において、無電界時の前記光学軸が前記液晶層の層法線に対して駆動電界の方向に傾斜していることを特徴とする。

請求項4に記載の発明では、請求項1ないし3のいずれか1つに記載の光路偏向素子において、前記組織は、モノマーまたはプレポリマーの少なくとも一方を光重合開始剤によって重合することにより形成されていることを特徴とする。

請求項5に記載の発明では、請求項4に記載の光路偏向素子において、前記組織を含む液晶層は、前記光重合の際の光透過率が80%以上であることを特徴とする。

30

#### 【0024】

請求項6に記載の発明では、請求項4または5に記載の光路偏向素子において、前記組織は、ホメオトロピック配向をなすスマクチックA相を示す温度域で重合させたことを特徴とする。

請求項7に記載の発明では、請求項4または5に記載の光路偏向素子において、前記組織は、前記液晶層内の前記基板面と平行な方向に交流電界を印加した状態で、スマクチックA相の温度からキラルスマクチックC相の温度まで冷却し、前記交流電界が印加された状態で重合させたことを特徴とする。

#### 【0025】

請求項8に記載の発明では、請求項4または5に記載の光路偏向素子において、前記組織は、キラルスマクチックC相を示す温度域で、光偏向動作時とは異なる方向の直流電界を印加した状態で重合させたことを特徴とする。

40

請求項9に記載の発明では、請求項1ないし8のいずれか1つに記載の光路偏向素子において、前記組織は、液晶性骨格を部分構造として有することを特徴とする。

#### 【0026】

請求項10に記載の発明では、請求項9に記載の光路偏向素子において、前記組織は、液晶骨格と二つのアクリロイルオキシ基の間にメチレンスペーサーがある液晶性ジ(メタ)アクリレートを重合して形成されたことを特徴とする。

請求項11に記載の発明では、請求項9に記載の光路偏向素子において、前記組織は、液

50

晶骨格と一つのアクリロイルオキシ基の間にメチレンスペーサーがある液晶性（メタ）アクリレートを重合して形成されたことを特徴とする。

【0027】

請求項12に記載の発明では、請求項9に記載の光路偏光素子において、前記組織は、液晶骨格と一つのアクリロイルオキシ基の間にメチレンスペーサーが無い液晶性（メタ）アクリレートを重合して形成されたことを特徴とする。

【0028】

請求項13に記載の発明では、請求項1ないし12のいずれか1つに記載の光路偏光素子において、前記光路偏向素子への入射光の偏光方向を、前記光学軸を基板面上に投影した方向に平行な方向に設定する偏光方向規制手段を有することを特徴とする。

10

【0029】

請求項14に記載の発明では、請求項13に記載の光路偏向素子において、前記光路偏向素子の出射光の偏光面を所定の方向に回転させる偏光面回転手段と、偏光面回転後の出射光を入射光とする第2の光路偏光素子を有し、前記光路偏光手段と該第2の光路偏向手段の液晶層法線方向は略一致させ、両光路偏向手段の電界方向が所定の角度になるように配置されてなることを特徴とする。

【0030】

請求項15に記載の発明では、請求項1ないし14のいずれか1つに記載の光路偏向素子を有し、画像情報に従って光を制御可能な複数の画素が二次元的に配列した画像表示素子と、画像表示素子を照明する光源および照明装置と、画像表示素子に表示した画像パターンを観察するための光学装置と、画像フィールドを時間的に分割した複数のサブフィールドで形成する表示駆動手段と、サブフィールド毎の光路の偏向状態に応じて表示位置がずれている状態の画像パターンを表示することで、画像表示素子の見かけ上の画素数を増倍して表示する画像表示装置を特徴とする。

20

【0031】

請求項16に記載の発明では、透明な一対の基板を所定の間隔で平行配置し、該基板面と平行な方向に駆動電界を形成する電極対を配置し、該基板間にホメオトロピック配向をなすキラルスマクチックC相を形成可能な液晶層を形成する光路偏向素子の製造方法において、前記液晶がモノマーまたはプレポリマーを含有し、前記基板間に該液晶を注入してホロオトロピック配向状態を形成した状態で、モノマーまたはプレポリマーの少なくとも一方を光重合開始剤によって重合する光路偏向素子の製造方法を特徴とする。

30

請求項17に記載の発明では、請求項16に記載の光路偏向素子の製造方法において、前記光による重合を行うときの前記液晶層の透過率が80%以上であることを特徴とする。

【0032】

請求項18に記載の発明では、請求項16または17に記載の光路偏向素子の製造方法において、前記液晶層がホメオトロピック配向をなすスマクチックA相を示す温度域で重合することを特徴とする。

40

請求項19に記載の発明では、請求項16または17に記載の光路偏向素子の製造方法において、前記液晶層内の前記基板面と平行な方向に交流電界を印加した状態で、スマクチックA相の温度からキラルスマクチックC相の温度まで冷却し、前記交流電界が印加された状態で重合することを特徴とする。

請求項20に記載の発明では、請求項16または17に記載の光路偏向素子の製造方法において、キラルスマクチックC相を示す温度域で、光偏向動作時とは異なる方向の直流電界を印加した状態で重合することを特徴とする。

【0033】

【実施の形態】

本発明の説明に先立って、本発明で使用する光路偏向素子の構成と基本動作について説明しておく。

図12は光路偏向素子の断面を模式的に示した図である。

同図において符号1は光路偏向素子、2は基板、3は垂直配向膜、4は電極、5はスマク

50

チックC相からなる液晶層をそれぞれ示す。

一対の透明な基板2、2が対向配置させられている。透明な基板としては、ガラス、石英、プラスチックなどを用いることが出来るが、複屈折性の無い透明材料が好ましい。基板の厚みは数十 $\mu\text{m}$ ～数mmのものが用いられる。

#### 【0034】

基板2の内側面には垂直配向膜3が形成されている。垂直配向膜3は基板表面に対して液晶分子を垂直配向、すなわち、ホメオトロピック配向させる材料ならば特に限定されないが、液晶ディスプレイ用の垂直配向剤やシランカップリング剤、 $\text{SiO}_2$ 蒸着膜などを用いることが出来る。

#### 【0035】

本発明で言うホメオトロピック配向とは、基板面に対して液晶分子の長軸方向が基板面に対して垂直に配向した状態だけではなく、基板面法線方向から数十度程度までデルトした配向状態も含む。また、キラルスマクチックC相のように液晶分子長軸が傾斜する方向（以後方位角と呼ぶ）が液晶層厚み方向に対して変化することで螺旋構造を形成していくても良い。

10

#### 【0036】

両基板間隔をスペーサーを挟んで規定し、基板間に電極4と液晶層5を形成する。スペーサーとしては数 $\mu\text{m}$ から数mm程度の厚みを持つシート部材あるいは同程度の粒径の粒子などが用いられ、光路偏向素子の有効領域外に設けられることが好ましい。電極4としてはアルミ、銅、クロムなどの金属、ITOなどの透明電極などが用いられるが、液晶層内に均一な水平電界を印加するためには、液晶層厚みと同程度の厚みを持つ金属シートを用いることが好ましく、素子の有効領域外に設けられる。

20

#### 【0037】

図12ではより好ましい例として、スペーサー部材と金属シート部材が共通であり、金属シート部材の厚みにより液晶層厚みが規定される。液晶層としては常温でホメオトロピック配向をなすキラルスマクチックC相を形成可能な液晶が用いられる。ここで言う常温とは、光路偏向素子が、通常の使用条件あるいは保管条件で置かれる温度であり、50℃ないしマイナス10℃程度の温度範囲を意味する。電極間に電圧を印加することで、液晶層の水平方向に電界が印加される。

図13は図12と異なる電極構成の例を示す図である。

30

同図において符号4は透明ライン電極、6は誘電体層、7はスペーサをそれぞれ示す。

図13のように有効領域内に多数の透明ライン電極4と誘電体層6を設け、各ライン電極4に段階的に変化した電圧値を印加するようにしても良い。この構成では、比較的広い面積に対して均一な水平電界を印加することが出来る。

#### 【0038】

次に、スマクチックC相を形成可能な液晶層に関して詳細に説明する。「スマクチック液晶」は液晶分子の長軸方向を層状（スマクチック層）に配列してなる液晶層である。このような液晶に関し、上記層の法線方向（層法線方向）と液晶分子の長軸方向とが一致している液晶を「スマクチックA相」、法線方向と一致していない液晶を「スマクチックC相」と呼んでいる。スマクチックC相よりなる強誘電液晶は、一般的に外部電界が働かない状態において各スマクチック層毎に液晶ダイレクタ方向が螺旋的に回転しているいわゆる螺旋構造をとり、「キラルスマクチックC相」と呼ばれる。

40

#### 【0039】

また、キラルスマクチックC相反強誘電液晶は各層毎に液晶ダイレクタが対向する方向を向く。これらのキラルスマクチックC相よりなる液晶は、不齊炭素を分子構造に有し、これによって自発分極しているため、この自発分極Psと外部電界Eにより定まる方向に液晶分子が再配列することで光学特性が制御される。なお、本実施の形態等では、液晶層5として強誘電液晶を例にとり光路偏向素子1の説明を行うが、反強誘電液晶の場合にも同様に使用することができる。

#### 【0040】

50

キラルスメクチックC相はスメクチックA相やネマチック液晶に比較して極めて高速な応答性を有しており、サブm sでのスイッチングが可能である点が特徴である。特に、電界方向に対して液晶ダイレクタ方向が一義的に決定されるため、スメクチックA相よりなる液晶に比べダイレクタ方向の制御が容易であり、扱いやすい。

#### 【0041】

ホメオロトピック配向をなすスメクチックC相よりなる液晶層5は、ホモジニアス配向（液晶ダイレクタが基板面に平行に配向している状態）をとる場合に比べて、液晶ダイレクタの動作が基板からの規制力を受けにくく、外部電界方向の調整で光路偏向方向の制御が行いやすく、必要電界が低いという利点を有する。

10

#### 【0042】

また、液晶ダイレクタがホモジニアス配向している場合、電界方向だけでなく基板面に液晶ダイレクタが強く依存するため、光路偏向素子の設置についてより位置精度が求められることになる。逆に、本実施の形態のようなホメオロトピック配向の場合は、光偏向に対して光路偏向素子1のセッティング余裕度が増す。これらの特徴を活かす上で、厳密に螺旋軸を基板面に垂直に向ける必要はなく、或る程度傾いていても差し支えない。液晶ダイレクタが基板からの規制力を受けずに2つの方向を向くことが可能であればよい。

#### 【0043】

本発明は、液晶層中に纖維状あるいは網目状の組織を添加して配向安定性を向上させたものであり、透明基板、垂直配向膜、スペーサー、電極などは上述した従来構成と同様のものを用いることが出来る。

20

#### 【0044】

図14は、図12に示した構成に関して電界方向と液晶分子の傾斜方向を模式的に示した図である。

図15は、図14の状態から電界が反転したときの様子を示す模式図である。両図において符号5aは液晶分子、Cは仮想コーン、dは液晶層の厚み、Eは電界方向、Psは自発分極、Vsは矩形波交流電源をそれぞれ示す。

液晶分子5aの幅が広く描いてある側が紙面上側、幅が狭く描かれている側が紙面下側に傾いている様子を示している。また、液晶の自発分極Psを矢印で示してある。

#### 【0045】

電界Eの向きが反転すると、略垂直配向した液晶分子5aの方位角が図14の状態から、図15の状態に反転する。ここでは、自発分極が正の場合について電界E印加方向と液晶分子5aの方位角の関係を図示している。ここで、方位角が反転する際、図14b、15bの斜視図に示したような仮想コーンCの面内を回転運動すると考えられる。

30

#### 【0046】

図16は液晶分子の配向状態と光路偏向の原理を模式的に示した図である。

図17は図16において電界を反転させた状態を模式的に示した図である。

両図において、符号L0は光路偏向素子に入射する直線偏光、L1は電界が一方向のときの出射光、L2は電界が反転したときの出射光、θはチルト角を示す。

垂直配向膜、スペーサー、電極は省略してある。図16、17は、それぞれ図14、15を左側から見た断面図として表されており、電界は紙面表裏方向に作用している。電界方向は目的とする光の偏向方向に対応して、図14、15に示される電源により切換えられる。また、光路偏向素子1に対する入射光は直線偏光である。ここに言うチルト角θとは、個々の液晶分子の方位を角総平均したものとする。

40

#### 【0047】

図16のように紙面裏側から紙面表側への電界Eが印加された場合、液晶分子5aの自発分極Psが正ならば液晶ダイレクタが図右上に傾斜した分子数が増加し、液晶層としての平均的な光学軸も図右上方向に傾斜して、複屈折板として機能する。キラルスメクチックC相のらせん構造が解ける閾値電界以上では、すべての液晶ダイレクタがチルト角θを示し、光学軸が上側に角度θで傾斜した複屈折板となる。異常光として左側から入射した直線偏光は上側に平行シフトする。ここで、液晶分子の長軸方向の屈折率をn\_e、短軸方向

50

の屈折率を  $n_o$  、液晶層 5 の厚み (ギャップ) を  $d$  とするときシフト量  $S$  は以下の式で表される (例えば、「結晶光学」応用物理学会、光学懇話会編、p 198 参照)。

$$S = [ (1/n_o)^2 - (1/n_e)^2 ] \sin(2\theta) \cdot d \\ \div [ 2((1/n_e)^2 \sin^2 \theta + (1/n_o)^2 \cos^2 \theta) ] \quad \dots \dots \text{式1}$$

#### 【0048】

同様に図 17 のように電極への印加電圧を反転して紙面裏側への電界が印加された場合、液晶分子の自発分極が正ならば液晶ダイレクタは図右下に傾斜し、光学軸が下側に角度  $\theta$  で傾斜した複屈折板として機能する。異常光として左側から入射した直線偏光は下側に平行シフトする。電界方向の反転によって、2S 分の光路偏向量が得られる。

#### 【0049】

図 16、17 は理想的な配向状態を示しているが、光路偏向量  $S$  を大きく設定するためには液晶層 5 の厚み  $d$  を大きくした場合などには、配向欠陥が発生する場合がある。液晶層の厚みが大きくなると、層の中央部になるほど配向膜からの配向規制力が弱くなつて、スメクチック層の方向が乱れやすくなる。

10

#### 【0050】

図 18 はスメクチック C 相における配向欠陥の発生を説明するための図である。

例えば、図 18 (a) のように、或る温度においてスメクチック A 相では均一な垂直配向をしていたものが、冷却してキラルスメクチック C 相に転移する共に層中央部のスメクチック層の方向が図 18 (b) のように乱れて、光散乱を生じる場合がある。このメカニズムは明らかでないが、液晶分子のチルト角増加によるスメクチック層間距離の変化や、螺旋ピッチの発生によってスメクチック層を歪ませる力が発生するためと考えられる。また、初期的には均一なキラルスメクチック C 相を形成できる場合でも、長期間の駆動や温度変化、外的圧力などによっても図 18 (b) のような配向乱れが生じてしまう場合がある。

20

#### 【0051】

配向が乱れた部分では液晶のスメクチック層が不連続になり、配向性が不連続な部分の大きさや間隔が透過光の波長程度よりも大きいと、その境界面での屈折率の不一致により光の散乱が発生する。光の前方散乱および後方散乱により白濁して見える場合が多い。光路偏向素子の液晶層に白濁が発生すると透過率の低下、不要な方向への透過光の発生などが生じるため、光利用効率や、S/N 比や、コントラストが低下してしまい好ましくない。白濁の許容量は光路偏向素子を使用する装置の目的によっても異なるが、光学素子として見た場合には、透過率が 80% 以上、空間周波数 501 p/mm における MTF (変調伝達関数) が 80% 以上、空間周波数 1001 p/mm において MTF が 50% 以上であることが好ましい。

30

#### 【0052】

ここでいう透過率とは、白色レーザ光源からの平行光を液晶層の法線方向に出射し、液晶層を透過させたときの液晶層透過前の光量と、液晶層透過後光源からの出射方向に進む光の光量との比を意味する。

MTF とは光学顕微鏡を用い、所定の一方向に向かってサインカーブ状に濃度が変化する、所定の空間周波数の白黒のテストパターンの、液晶層透過後の画像を CCD で受光した際の光量の最大値と最小値から算出される値である。

40

#### 【0053】

一般に、キラルスメクチック C 相の液晶層 5 を均一に配向制御することは困難であり、従来様々な検討が行われているが、その多くは画像表示素子への応用を前提とした表面安定型強誘電性液晶素子に対するものであった。表面安定型強誘電液晶素子では、キラルスメクチック C 相の螺旋ピッチよりも薄い基板ギャップ間にホモジニアス配向させるものであり、配向性の悪化はスメクチック層の形成方向の違いとして現われ、画像表示素子として偏光板のクロスニコル中で透過光を観察した場合には、配向欠陥部分は明暗部の違いとして観察される。

#### 【0054】

50

一方、光路の偏向量は液晶層の膜厚に比例するため、本発明の光路偏向素子では、数  $\mu\text{m}$  から数十  $\mu\text{m}$  程度の光路偏向量を得るために、液晶層の膜厚を数  $\mu\text{m}$  から数百  $\mu\text{m}$  と比較的厚く設定することを特徴としている。ただし、最大に厚くしても 1  $\text{mm}$  以下とする。特に、画像表示素子の画素ピッチの 2 分の 1 程度のシフト量を得るために、液晶層の厚さは 50 ないし 100  $\mu\text{m}$  程度になる。

#### 【0055】

このように厚いホメオトロピック配向のキラルスマクチック C 相の強誘電性液晶では、上述のような白濁現象が起こる場合がある。この白濁の発生と液晶材料の物性値との相関は明らかではないが、キラルスマクチック C 相の螺旋ピッチ、カイラル剤の量や種類などが影響していると考えられる。本発明ではホメオトロピック配向したキラルスマクチック C 層の強誘電性液晶層の膜厚が 10  $\mu\text{m}$  以上であることが好ましいが、このような構造を実用的な素子として提案した例は少なく、白濁現象の低減に関する提案は無い。

10

#### 【0056】

図 17 では、液晶分子が反転して再配向した後の安定状態を図示しているが、液晶分子が反転する過程で一時的に配向状態が乱れ、過渡光散乱が発生する。過渡光散乱のモデルを図 19 に示す。

図 19 は図 14、15 と同様に光路偏向素子内の液晶分子の傾斜状態を示した図である。

#### 【0057】

キラルスマクチック C 相の螺旋構造が解ける閾値電界以上では、図 19 (a) のように液晶分子が均一に配向している。この状態から液晶の応答時間より短時間で印加電界を反転させると、液晶分子は図 14 (b) に C で示したようなコーン状の仮想面内に沿って反転し始める。この時、図 19 (b) のように右回りに回転する領域と左回りに回転し始める領域があると推測される。この回転方向の異なるドメイン間の界面で過渡的光散乱が生じると考えられる。その後、図 19 (c) のように液晶分子が反対側に均一に傾斜した状態に再配向されると光散乱は消滅する。

20

#### 【0058】

この過渡光散乱を低減させるために、電界方向の反転により液晶層内の少なくとも一部の液晶分子がスマクチック層内でコーン状の仮想面内を回転運動して配向方向を反転する時に、図 19 (d) のように反転する各液晶分子の回転方向を同一方向に制御することが有効である。液晶分子の回転方向の制御方法としては、液晶層自体の配向方向に指向性を与える方法や、外部から電場や磁場を与える方法がある。

30

#### 【0059】

本発明の光路偏向素子の液晶層自体に配向方向の指向性を与えるということは、無電界時の液晶層の光学軸が液晶層の層法線に対して傾斜している状態とすることである。光路偏向動作時の液晶分子の傾斜方向は駆動電界の方向に直交する方向であるから、液晶分子の回転方向を制御するためには、無電界時の光学軸が液晶層の層法線に対して、駆動電界の方向に傾斜している必要がある。液晶層自体の配向方向に指向性与えて、無電界時の光学軸が液晶層の層法線に対して傾斜させる方法としては、垂直配向膜のラビング処理、液晶層中での高分子あるいはゲル化剤などによる組織の形成などが適用できる。

#### 【0060】

40

本発明はこれらの諸問題を解決すべくなされたものである。以下に図を参照しながら本発明の各実施形態を説明する。

図 1 は本発明の第 1 実施形態を説明するための光路偏向素子の断面模式図である。

同図において符号 5 b は無機材料、あるいは有機材料から成る、纖維状、あるいは網目状の組織である。

同図は図 18 を用いて説明した問題点の解決を目的としたものであり、図 1 (a) はある程度温度が高くて液晶層 5 がスマクチック A 相を呈している状態、図 1 (b) は温度が下がって液晶層 5 がキラルスマクチック C 相に転移した状態を示す。

#### 【0061】

本実施形態では図 1 のように、液晶層 5 中に無機材料、あるいは有機材料から成る、纖維

50

状、あるいは網目状の組織 5 b を含有させてスメクチック相の配向性を安定化させる。このとき、2枚のガラス基板 2、2の間に、予め形成された纖維状、あるいは網目状の構造体の空間部に液晶材料を含浸させても良い。この場合の構造体としては、ガラスファイバ、カーボンナノチューブ、多孔質延伸ポリマーなどを用いることができる。液晶層 5 中の構造体が光散乱を起こさないように、纖維構造の径は透過光の波長程度以下にすることが望ましい。

また、液晶材料中に高分子材料や、ゲル化剤を予め混合した状態で、2枚のガラス基板 2、2間に注入しても良い。高分子材料は鎖状あるいは三次元網目構造で液晶分子中に分散されるように構造や含有濃度が最適化される。

図 1 (a) のように比較的配向性の良いスメクチック A 相の状態では高分子材料がスメクチック層の水平方向や垂直方向に均一に分散され、スメクチック相の層構造の配向安定性を高めることが出来る。

10

#### 【0062】

この状態から冷却することで、図 1 (b) のようにキラルスメクチック C 相に転移した後も配向安定性を高めることが出来る。この時の高分子材料あるいはゲル化剤の含有量は 0.5 重量% から 1.0 重量% 程度の範囲が好ましい。これよりも少ない場合にはスメクチック相の層構造を安定化する効果が小さくなり、多い場合には液晶層の電気特性や光学特性が悪化してしまう。高分子材料あるいはゲル化剤の含有量や分子量を最適化することにより、液晶層バルク中の配向状態が安定化され、配向欠陥の発生を防止できる。

20

#### 【0063】

図 1 (a) のように液晶材料中に直接高分子材料を溶解させるためには、両材料の相溶性や溶媒との相性などから材料が限定される場合がある。液晶材料と相分離するような高分子材料を均一に分散することは困難である。また、室温程度でスメクチック層を示す強誘電性液晶材料は粘度が高いため、高分子材料を均一に分散させることが困難になる。

#### 【0064】

そこで、液晶中にモノマーまたはプレポリマーを均一に溶解した状態で素子中に注入しておき、その後に重合反応により均一な高分子材料を形成することが好ましい。重合反応としては、重合開始剤の種類により熱重合や光重合を用いることが出来る。熱重合の場合、液晶材料を比較的高温に加熱する必要があるが、液晶材料自体が相転移などの温度特性を有しているため、熱重合開始温度と液晶の相転移温度を最適化する必要があり、材料の選択範囲は限られる傾向がある。

30

ゲル化剤を使用する場合も、ゲル化剤の種類や濃度によって、形成される組織の形状が決まってしまうため、液晶層の安定化に適したゲル化剤の選択の範囲は限られる傾向がある。

#### 【0065】

本発明の第 2 の実施形態では、組織 5 b が、モノマーまたはプレポリマーの少なくとも一方が光重合により形成された高分子材料である。この場合、光路偏向素子内へ液晶材料とモノマーまたはプレポリマーの混合物を注入した後、光重合開始剤によって、室温下などの比較的低温での露光処理により液晶層中に均一な高分子組織が形成できる。高分子組織は用いるモノマー中の官能基の数によって鎖状あるいは三次元網目構造となる。

40

一般に鎖状の場合は高分子鎖、ポリマーチェーン、三次元網目構造の場合はポリマーネットワークなどと呼ぶが、ここでは総称して高分子組織と呼ぶ。

#### 【0066】

この実施形態の場合、低分子量の材料同士の混合であるため、液晶材料に直接高分子材料を溶解させる場合に比べて均一な液晶混合物の調整が容易であり、効果的に配向安定性を向上させることが出来る。また、光重合の場合、光強度と照射時間の二つのパラメーターの組合せをコントロールすることで同一のモノマーを用いても高分子組織の分子量や相分離構造を制御することも出来る。したがって、熱重合やゲル化剤に比べてモノマー材料の選択の幅を広くできるという利点も有る。

#### 【0067】

50

上述のように液晶層中の重合反応により高分子組織を形成させる場合、重合前の液晶層が均一なスメクチック相に配向している必要がある。そこで、本発明の第3の実施形態では、液晶層がホメオトロピック配向をなすスメクチックA相を示す温度域で重合硬化させる。スメクチックA相は、キラルスメクチックC相よりも高温域で現れ、スメクチック層の法線方向に対する液晶分子のチルト角がゼロで、螺旋構造を有しない。このスメクチックA相の温度域で重合することで、図1(a)のように均一なスメクチック層の状態の中に高分子組織を発生させることが出来る。

#### 【0068】

その後、温度を低下させてキラルスメクチックC相に転移する時に、スメクチック層間隔の変化や、螺旋構造の発生に伴う歪が発生しても、高分子組織による規制力により図1(b)のように配向欠陥の発生が防止出来る。このように、キラルスメクチックC相の配向性が悪い液晶材料を使った場合でも、均一な高分子組織を形成して配向性を良くすることが出来る。

10

ただし、スメクチックA相の段階で配向性があまり良くない液晶材料もある。そのような材料に対してはさらに工夫が必要である。

#### 【0069】

重合前のキラルスメクチックC相の配向性を向上させるために、本発明の第4の実施形態では、光路偏向動作時と同様、液晶層内の基板面と平行な方向に交流電界を印加した状態でスメクチックA相の温度からキラルスメクチックC相の温度まで冷却し、交流電界が印加された状態で重合硬化させる。一般に液晶材料を用いた光偏向素子では、液晶材料の粘弾性や誘電特性に応じて、光偏向動作を数十Hzから数百Hzに設定することが多いが、液晶分子の応答性が十分に間に合わないような比較的高周波の電界を印加することで、キラルスメクチックC相の垂直配向性が向上する。

20

#### 【0070】

配向を安定化させるための交流電界の周波数も、液晶材料の粘弾性や誘電特性に応じて異なるが、50Hzから10KHz程度の間が好ましい。これよりも低周波数では直流電界的な挙動を示し、液晶層の流動などが発生してしまう。これよりも高周波数では液晶分子が全く応答できず、配向性向上の効果が現れない。特に比較的高温のスメクチックA相から、キラルスメクチックC相に転移する温度範囲を少なくとも含んで、すなわち、冷却の過程を通して、上記の交流電界を印加することで、キラルスメクチックC相での配向欠陥を効果的に防止することが出来る。

30

#### 【0071】

この効果の理由は明らかではないが、液晶分子の層水平方向に對称の振動を与えることによって、液晶分子がどちらか一方に偏って傾斜することがなくなる、すなわちスメクチック層が湾曲して配向欠陥が発生することを防止している、と推測される。更に、誘電異方性が負の液晶を用いた場合には、高周波の水平電界によって液晶分子に垂直に配向させる静電力も働くため、より好ましい。したがって、本来キラルスメクチックC相の配向性が悪い液晶材料でも、比較的低温で配向欠陥の無いキラルスメクチックC相を一時的に形成することが出来、その状態で高分子材料を重合硬化させることで、配向欠陥の無い配向状態を長期的に安定化させることが出来る。

40

#### 【0072】

図2は、光偏向動作時とは異なる方向の直流電界を印加しながら高分子重合させる様子を示す模式図である。

本発明の第5の形態では、キラルスメクチックC相を示す温度域で、高分子への重合の過程において、液晶層内の基板面と平行で、光路偏向動作時の電界印加方向に直交する方向に、一時的に直流電界E'をかけた状態で重合硬化させることで、液晶分子が一方向に傾斜した状態に規制力を受ける高分子組織を形成する。

図2(a)のように一時的に外部電極4'などを設置するなどして、通常動作時の電界方向と異なる方向に電界を印加した状態で重合反応を行わせることで、光偏向方向と異なる方向に液晶分子の安定な傾斜方向を設定する。

50

図2 (b) はこの方法で得られた光路偏向素子に一方向の電界をかけたときの様子を示す図である。

【0073】

図2 (b) の状態から、印加電界が反転するとき、過渡的に印加電界が0になるが、このとき、液晶分子のチルト方向は、高分子の規制力を受けて図2 (a) の状態に戻る。その状態から、反転した電界に対応したチルト方向に向くことになる。すなわち、液晶分子の回転し易さに非対称性が生じるため、光路偏向動作時に、液晶分子のチルト方向が反転する時、一方向に回転方向が制御され、回転方向のバラツキによる過渡光散乱現象が低減される。

ポリマーの添加量や材質を最適化することで、光偏向方向がずれてしまうことや応答時間が長くなるという副作用を低減することが出来る。この場合、安定な傾斜方向は一方向しか設定できないので、液晶分子の反転時の回転運動は、常に安定な傾斜方向を経由する往復運動となる。

10

【0074】

図3は高分子材料として液晶性ポリマーを用いた場合の液晶層の状態を示す模式図である。

同図において、符号5cは液晶性ポリマーを示す。

本発明の第6の実施形態では、高分子材料として液晶性骨格を部分構造として有するものを用いる。液晶性高分子は液晶性骨格のメソゲン基を主鎖中に含んだ主鎖型でも良いし、側鎖に結合した側鎖型でも良い。また、主鎖と側鎖に含む複合型でも良い。ホスト材料であるキラルスマクチックC相の強誘電性液晶と相溶性が良い液晶性モノマーや液晶性プレポリマーを用いることで、重合後の高分子材料5cを均一に相分離させることが出来る。高分子鎖が均一に分散されているため、均一に配向性を安定化させることが出来る。また、高分子材料自体も配向性と光学異方性を有しているため、高分子成分の導入による複屈折性の低下や光路偏向現象の劣化が防止できる。

20

【0075】

液晶性モノマーとしては種々の材料を用いることが出来るが、ホスト液晶との相溶性を向上させるために室温でネマチック相を示すことが好ましい。また、ホスト液晶であるキラルスマクチックC相の配向性や応答性に応じて以下のようないくつかの液晶性モノマーを用いることが好ましい。

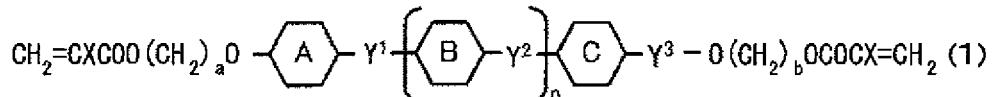
30

本発明の第七の形態では、モノマーが液晶骨格と二つのアクリロイルオキシ基の間にメチレンスペーサーがある、液晶性ジアクリレート、または液晶性ジメタアクリレートを含有する。ここでは、両者を合せて液晶性ジ(メタ)アクリレートと表記する。

液晶性ジ(メタ)アクリレートとしては、下記の一般式(1)のような材料を用いることが出来る。

【0076】

【化1】



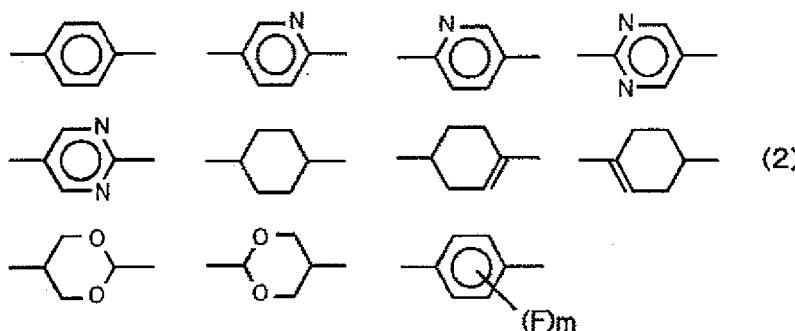
40

【0077】

(1) 式中、Xは水素原子又はメチル基を表し、nは0又は1の整数を表し、6員環A、B及びCはそれぞれ独立的に、(2)式に示す構造のいずれかを表す。

【0078】

【化2】



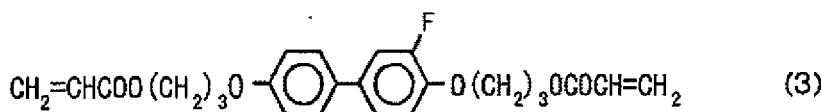
10

## 【0079】

$m$  は 1 ~ 4 の整数を表し、 $Y^1$  及び  $Y^2$  はそれぞれ独立的に、単結合、 $-CH_2-CH_2-$ 、 $-CH_2O-$ 、 $-OCH_2-$ 、 $-COO-$ 、 $-OCO-$ 、 $-C\equiv C-$ 、 $-CH=CH-$ 、 $-CF=CF-$ 、 $-(CH_2)_4-$ 、 $-CH_2-CH_2-CH_2O-$ 、 $-OCH_2-CH_2-CH_2-$ 、 $-CH=CH-CH_2-CH_2-$ 、 $-CH_2-CH_2-CH=CH-$  を表し、 $Y^3$  は単結合、 $-O-$ 、 $-COO-$ 、 $-OCO-$  を表し、 $a$  および  $b$  は 1 ~ 20 の整数を表す。好ましい例としては、下記の構造式 (3) のようなものがあげられる。

## 【0080】

## 【化3】



20

## 【0081】

このような液晶性ジ(メタ)アクリレートは重合すると三次元網目構造を形成し、液晶層の配向状態を効果的に安定化することが出来る。例えば、キラルスマクチック C 相を形成可能な液晶の中でも、特にチルト角と自発分極が大きく、配向安定性が悪いが高速応答性に優れた液晶と組み合わせることで、配向性と応答性を両立した光路偏向素子が得られる。

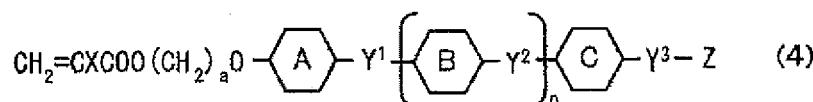
## 【0082】

本発明の第 8 の形態では、モノマーが、液晶骨格と一つのアクリロイルオキシ基の間にメチレンスペーサーを有する液晶性アクリレート、または液晶性メタアクリレートを含有する。ここでは、両者を合せて液晶性(メタ)アクリレートと表記する。メチレンスペーサーを有する液晶性(メタ)アクリレートは重合すると側鎖型の液晶ポリマーを形成する。

液晶性(メタ)アクリレートとしては、下記の一般式 (4) のような材料を用いることが出来る。

## 【0083】

## 【化4】



40

## 【0084】

(4) 式中、 $Z$  は水素原子、ハロゲン原子、シアノ基、炭素原子数 1 ~ 20 のアルキル基又は炭素原子数 2 ~ 20 のアルケニル基を表し、その他の記号は (1) 式で示した記号と同じ定義である。

好ましい例としては、下記の構造式 (5) のようなものがあげられる。

## 【0085】

## 【化5】

50



## 【0086】

このような材料は、液晶骨格がメチレンスペーサーを介して高分子主鎖に結合するため液晶骨格が比較的動きやすく、配向状態の安定化効果は比較的弱いものの、液晶の反転動作に対する抵抗力が小さく応答性の劣化が少ないという利点がある。例えば、キラルスマクチックC相を形成可能な液晶の中でも、特にチルト角と自発分極が小さく、配向安定性は比較的良いが応答性が並の液晶と組み合わせることで、配向性と応答性を両立した光路偏向素子が得られる。

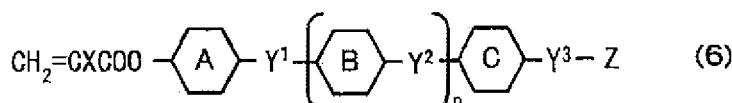
10

## 【0087】

本発明の第9の形態では、モノマーが、液晶骨格と1つのアクリロイルオキシ基の間に、メチレンスペーサーが無い液晶性(メタ)アクリレートを含有する。液晶性(メタ)アクリレートとしては、下記の一般式(6)のような材料を用いることが出来る。

## 【0088】

## 【化6】



20

## 【0089】

(6)式中の各記号は(4)式に示した記号と同じ定義である。

特に、一般式(6)において、Xは水素原子を表し、nは0を表し、6員環A及びCはそれぞれ独立的に1,4-フェニレン基、又は1,4-トランスシクロヘキシル基を表し、Y<sup>1</sup>は単結合又は-C≡C-を表し、Y<sup>3</sup>は単結合を表し、Zはハロゲン原子、シアノ基又は炭素原子数1~20のアルキル基を表す材料が好ましい。

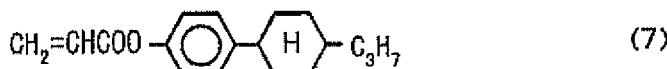
## 【0090】

また、さらに好ましい例として下記の構造式(7)や(8)のようなものがあげられる。また、これらの混合物を用いても良い。例えば(7)と(8)を50重量部づつ混合したものは、室温下でネマチック相を示し、扱いやすい。

30

## 【0091】

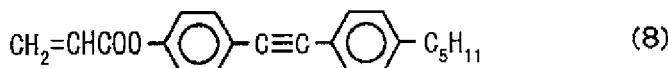
## 【化7】



## 【0092】

## 【化8】

40



## 【0093】

このようなメチレンスペーサーが無い液晶性(メタ)アクリレートは、重合すると液晶骨格が高分子主鎖に直接結合するため、液晶骨格の動きが制限され、液晶骨格が配向安定性に直接寄与する。配向安定性は比較的強いが、高分子鎖自体にも動きやすさがあるため、配向状態の安定化効果は比較的強いものの、液晶の反転動作に対する抵抗力も比較的小小さく、応答性の劣化が少ないという利点がある。例えば、キラルスマクチックC相を形成可能な液晶の中でも、特に配向安定性と応答性が悪い液晶と組み合わせることで、配向性と

50

応答性を両立した光路偏向素子が得られる。

【0094】

以上の第1から第9の実施形態では、光路の偏向方向、すなわち電界印加時の液晶分子の傾斜方向に平行な偏光方向、の直線偏光のみが光路の偏向を受け、これに直交した直線偏光はそのまま直進する。したがって、無偏光の光を入射した場合、出射光には偏向を受けない成分を含むため、光路偏向の有無に対するコントラストが低下してしまう。

【0095】

図4は光路偏向素子への入射光の偏光方向を特定の方向に規制する手段を有する光路偏向装置の概要を示す図である。

同図において、符号8は直線偏光板を示す。

10

本発明の第10の実施形態では、図4に示すように光路偏向素子への入射光の偏光方向を、液晶層内にかける電界の方向と直交する方向に設定する偏光方向規制手段を設ける。言い換えれば、光路偏向のシフト方向と平行な方向に直線偏光させる制御手段を設ける。偏光方向規制手段としては、直線偏光板8を用いることが出来る。直線偏光板8の偏光方向を電極4の長手方向に平行に合わせて、光路偏向素子1の入射面側に設置する。入射光が無偏光の場合でも、液晶分子の傾斜による光路偏向作用を受けない光成分をカットするので、確実に光路偏向による光スイッチングを行うことが出来る。

【0096】

図5は光路偏向素子の組み合わせによる4方向シフト装置の構成を説明するための概略図である。

20

同図において、符号9は4方向シフト装置、10は第1の光路偏向素子、11は2分の1波長板、12は第2の光路偏向素子をそれぞれ示す。

本発明の第11の実施形態を図5に基づいて説明する。本実施形態は、前述した実施形態のように構成された光路偏向装置に、もう一つの光路偏向素子をシフト方向を変えて組み合わせた装置である。両光路偏向素子の間には偏光面回転手段としての2分の1波長板を挟んである。図5では、スペーサー、配向膜などは省略してある。

【0097】

第1、第2光路偏向素子10、12は、各々の電極対4、4による電界発生方向を直交させて光進行方向に直列に配列されており、これらの両光路偏向素子間に偏光面回転手段として1/2波長板11が配設されている。ここでは、電界発生方向が直交している例を図示しているが、直交に限らず所定の角度に設定しても良い。

30

1/2波長板11は通常市販されている結晶板や液晶フィルムなど可視光用のものをそのまま適用できる。また、ツイストネマチック（以後TNと略記する）液晶セルを用いて、偏光面を回転させることも出来る。

【0098】

あらかじめ直線偏光に揃えられた光束しは、光進行方向に対して前段側の第1光路偏向素子10において偏向を受け左右2方向L1、L2のいずれかの光路を経た後、1/2波長板11によって偏光方向を90°回転させられて上下方向の偏光方向となることで、後段の第2光路偏向素子12で偏向を受け、L1は上下2方向L11、L12のいずれかの光路をとり、また、L2も上下2方向L21、L22のいずれかの光路をとることにより、結果として4方向のいずれか1つの光路を通ることになる。

40

ここでは、偏向方向が90°回転された例を図示しているが、90°に限らず、第1光路偏向素子から出射した偏光方向を、第2光路偏向素子での偏向方向に一致させる所定の角度としても良い。

【0099】

図6は4方向シフト装置の駆動の一例を示すタイミングチャートである。

図6(a)は第1光路偏向素子の駆動タイミング、図6(b)は第2光路偏向素子の駆動タイミングを示す図である。両者を図示のようにタイミングを合わせることにより、4方向のシフトを一方向まわりに順次選択していく。

【0100】

50

図7は光路偏向素子を用いた画像表示装置の概要図である。

同図において符号21は光源としてのLEDランプ、22は拡散板、23はコンデンサレンズ、24は画像表示素子としての透過型液晶パネル、25は投影レンズ、26はスクリーン、27は光源ドライブ部、28は透過型液晶パネルのドライブ部、29は光路偏向手段、30は4方向シフト装置のドライブ部をそれぞれ示す。

本発明の第12の実施形態を図7に基づいて説明する。本実施形態は、画像表示装置への適用例を示す。図7において、2次元アレイ状に配列した光源LEDランプ21からスクリーン26に向けて発せられる光の進行方向には、拡散板22、コンデンサレンズ23、画像表示素子としての透過型液晶パネル24、画像パターンを観察するための光学部材としての投影レンズ25が順に配設されている。

10

#### 【0101】

透過型液晶パネル24と投影レンズ25との間の光路上にはピクセルシフト素子として機能する4方向シフト装置29が介在されており、ドライブ部30に接続されている。このような光路偏向手段29として、前述したような4方向シフト装置等が用いられる。

#### 【0102】

光源ドライブ部27で制御されて光源31から放出された照明光は、拡散板22により均一化された照明光となり、コンデンサレンズ23により液晶ドライブ部28で照明光源21と同期して制御されて透過型液晶パネル24を照明する。この透過型液晶パネル24で空間光変調された照明光は、画像光として光路偏向手段29に入射し、この光路偏向手段29によって画像光が画素の配列方向に所定の距離だけシフトされる。この光は投影レンズ25で拡大されスクリーン26上に投影される。

20

#### 【0103】

光路偏向手段29により画像フィールドを、時間的に分割した複数のサブフィールド毎の光路の偏向に応じて、表示位置をずらした状態の画像パターンを表示させることで、透過型液晶パネル24の見掛け上の画素数を増倍して表示する。このように光路偏向手段29によるシフト量は、透過型液晶パネル24の画素の配列方向に対して2倍の画像増倍を行うことから、画素ピッチの1/2に設定される。シフト量に応じて、透過型液晶パネル24を駆動する画像信号をシフト量分だけ補正することで、見掛け上高精細な画像を表示することができる。

#### 【0104】

30

この際、光路偏向手段29として、前述した各実施の形態のような光偏向素子を用いているので、光の利用効率を向上させ、光源の負荷を増加することなく、観察者に明るく高品質の画像を提供できる。光路偏向制御を、当該光路偏向素子1における電極対4、4による電界印加方向及び電界強度により行うことで、適切なピクセルシフト量が保持され良好な画像を得ることができる。

#### 【0105】

##### (実施例1)

図8は光路偏向素子の動作を確認するための試験装置を示す図である。

同図において符号1'は空セル、31は電界印加用の電源をそれぞれ示す。

40

厚さ1mmのガラス基板の表面に厚み600Åのホメオトロピック配向膜を形成した。厚み80μm、幅1.0mm、長さ12mmのアルミ電極シートをスペーサー兼電極とし、有効領域が1cm幅となるように電極対を平行に配置した図8のような空セル1'を作製した。

次に市販の光重合開始剤を1重量部と、(7)式、および(8)式で示した化合物を各々50重量部ずつからなる液晶性アクリレート組成物1重量%と強誘電性液晶「CS1029」(チッソ製)99重量%からなる強誘電性液晶組成物を調整した。

#### 【0106】

空セル1'に強誘電性液晶組成物を注入した。このセルを、液晶がスマクチックA相を示す温度まで冷却し、スマクチックA相の垂直配向状態を維持したまま60mJ/cm<sup>2</sup>の紫外線を照射した。その

50

後、室温まで冷却して接着剤で封止し、光路偏光素子1としての高分子安定化垂直配向強誘電性液晶セルを得た。電極対4、4にパルスジェネレータと高速アンプとからなる電源31を接続し、試験装置を構成した。

【0107】

無電界の状態で、この光路偏向素子の有効領域内における液晶層のコノスコープ像を室温下で観察したところ、十字形と円環の画像が中心部に観察された。したがって、無電界下では光学軸が液晶層に垂直であることを確認できた。この状態では液晶分子のチルト方向が、基板面に垂直な方向に対して回転する螺旋構造を取っており、平均的な光学軸は螺旋軸の方向である基板面に垂直な方向として観察される。

【0108】

次に、電源31から電極対4、4に±3kV、1Hzの矩形波電圧を印加したところ、コノスコープ像の十字と円環の位置が上下方向に1Hzで往復シフトした。顕微鏡の対物レンズのNA値と、液晶の屈折率と、十字位置のシフト量から光学軸の傾斜角度を計算すると約20度であった。

10

【0109】

空間周波数が1001p/mmの矩形波に相当する開口部が5μm角のマスクパターンを裏面から照明し、その透過光を図8に示す装置に組み込んだ光路偏向素子1を通して観察した。光路偏向素子1を動作させることでマスクパターンの位置がシフトしたように観察される。このシフトの様子を顕微鏡付き高速度カメラで観察することで、光路シフト量とその応答時間を測定した。電源31から電極対4、4に±3kV、120Hzの矩形波電圧を印加しながら、高速度カメラによる観察（時間分解能40500フレーム/秒）を行ったところ、シフト量は7μm、その移動に要する応答時間は1msecであり、実用上問題無いシフト量と高速応答性を示した。

20

【0110】

この動作を8時間連続で行っても液晶層の配向状態に変化は見られなかった。また、駆動のオン/オフを繰り返しても液晶層の配向状態に変化は見られなかった。したがって、光路偏向動作にも劣化などが無く、安定した光路偏向素子が得られた。

【0111】

(比較例1)

電極兼スペーサーのアルミシート厚みを6.5μmに減らして、液晶性ジアクリレート組成物による高分子安定化液晶セルにしなかった以外は、実施例1と同様にした。液晶材料として「CS1029」（チッソ製）を用いた場合、コノスコープ測定による光学軸の傾斜角度は25度であった。高速度カメラによる測定では、シフト量は9μm、その移動に要する応答時間は0.8msecであり、実用上問題無いシフト量と高速応答性を示した。この動作を8時間連続で行ったところ、有効領域の液晶層中に僅かな白濁部が発生した。この状態で、駆動のオン/オフを繰り返したところ、白濁部が成長した。この状態では液晶素子の光透過率が減少し、光散乱が発生した。

30

この素子を80℃まで加熱して再冷却することで、初期の配向性の良い状態に戻すことができたが、安定した光路偏向素子は得られなかった。

【0112】

40

(実施例2)

強誘電性液晶組成物と、光重合時の操作と条件を、以下のように変えた以外は実施例1と同様にして液晶セルを作成した。液晶層の厚みは6.5μmに設定した。

市販の光重合開始剤を1重量部と、(3)式に示した化合物の液晶性ジアクリレート組成物0.5重量%と、強誘電性液晶「CS2005」（チッソ製）99.5重量%からなる強誘電性液晶組成物を調整した。

CS2005はスメクチックA相を示さず、スメクチックC相の配向性が悪いが、自発分極とチルト角が比較的大きい。

【0113】

50

空セルと強誘電性液晶組成物を約80℃に加熱した状態で、空セルに強誘電性液晶組成物

を注入した。このセルの電極対に±2000V、200Hzの交流電圧を印加した状態で冷却したところ、キラルネマチック相からキラルスマクチックC相への転移温度近傍で配向乱れによる白濁が一時的に発生したが、徐々に配向性が回復した。その後、室温まで冷却しても比較的配向性の良いキラルスマクチックC相の垂直配向状態を維持した。その状態で60mJ/cm<sup>2</sup>の紫外線を照射した。その後、接着剤で封止し、高分子安定化垂直配向強誘電性液晶セル、すなわち光路偏光素子1を得た。この光路偏光素子を図8に示す試験装置に組み込んだ。

#### 【0114】

無電界の状態で、この光路偏光素子の有効領域内において液晶層のコノスコープ像を室温下で観察したところ、十字形と円環の画像が中心部に観察された。したがって、無電界下では光学軸が液晶層に垂直であることを確認できた。次に、電源から電極対に±3kV、1Hzの矩形波電圧を印加したところ、コノスコープ像の十字と円環の位置が上下方向に1Hzで往復シフトした。顕微鏡の対物レンズのNA値と、液晶の屈折率と、十字位置のシフト量から光学軸の傾斜角度を計算すると約25度であった。

10

#### 【0115】

実施例1と同様、開口部が5μm角のマスクパターンを裏面から照明し、その透過光を図8に示した試験装置に組み込んだ本実施例の光路偏光素子を通して観察した。光路偏光素子を動作させることでマスクパターンの位置がシフトしたように観察される。このシフトの様子を顕微鏡付き高速度カメラで観察することで、光路シフト量とその応答時間を測定した。電源から電極対に±3kV、120Hzの矩形波電圧を印加しながら、高速度カメラによる観察（時間分解能40500フレーム/秒）を行ったところ、シフト量は7μm、その移動に要する応答時間は1msである、実用上問題無いシフト量と高速応答性を示した。

20

#### 【0116】

(3) 式に示す化合物のような、液晶性ジアクリレート化合物を重合した場合、3次元網目組織を形成するため液晶層の配向安定化の効果は非常に大きいと考えられるが、同時に液晶分子の切換動作を制限する効果も大きいため、応答速度が遅くなることが懸念される。そこで、本実施例のように、自発分極とチルト角が大きく、高速応答性に優れるが、配向安定性が比較的悪い液晶材料と組合せることで、実用的な応答速度を確保しつつ、配向安定性も向上させることが出来た。

30

#### 【0117】

この動作を8時間連続で行っても、液晶層の配向状態に変化は見られなかった。また、駆動のオン/オフを繰り返しても、液晶層の配向状態に変化は見られなかった。したがって、光路偏光動作にも劣化などが無く、安定した光路偏光素子が得られた。

#### 【0118】

##### (比較例2)

液晶注入後に交流電界を印加しなかった以外は、実施例2と同様にした。実施例2の液晶は配向性が悪いために、冷却時に、キラルネマチック相からキラルスマクチックC相への転移温度近傍で配向乱れによる白濁が発生し始め、室温でもそのまま白濁が残ってしまった。この状態で光重合を行っても、配向が乱れたまま状態が固定化されてしまうため、重合による高分子組織の形成を行わなかった。

40

#### 【0119】

##### (実施例3)

実施例1同様な空セルを作成した。液晶層の厚みは6.5μmに設定した。

次に市販の光重合開始剤を1重量部と(5)式に示した化合物の液晶性アクリレート組成物1重量%と、強誘電性液晶「CS1024」(チッソ製)99重量%からなる強誘電性液晶組成物を調整した。CS1024は単体でも配向性は比較的良好く、応答速度も十分であるが、長時間動作時の安定性は更なる改善の余地がある。

#### 【0120】

空セルと強誘電性液晶組成物を約80℃に加熱した状態で、空セルに強誘電性液晶組成物

50

を注入した。このセルを液晶がスマクチックA相を示す温度まで冷却し、スマクチックA相の垂直配向状態を維持したまま  $60 \text{ mJ/cm}^2$  の紫外線を照射した。その後、室温まで冷却して接着剤で封止し、高分子安定化垂直配向強誘電性液晶セルを得た。この光路偏向素子を図8に示す試験装置に組み込んだ。

#### 【0121】

無電界の状態で、この光路偏向素子の有効領域内において液晶層のコノスコープ像を室温下で観察したところ、十字形と円環の画像が中心部に観察された。したがって、無電界下では光学軸が液晶層に垂直であることを確認できた。次に、電源から電極対に  $\pm 3 \text{ kV}$ 、 $1 \text{ Hz}$  の矩形波電圧を印加したところ、コノスコープ像の十字と円環の位置が上下方向に  $1 \text{ Hz}$  で往復シフトした。顕微鏡の対物レンズのNA値と、液晶の屈折率と、十字位置のシフト量から光学軸の傾斜角度を計算すると約25度であった。

10

#### 【0122】

実施例1と同様、開口部が  $5 \mu\text{m}$  角のマスクパターンを裏面から照明し、その透過光を図8に示す試験装置に組み込んだ光路偏向素子を通して観察した。光路偏向素子を動作させることでマスクパターンの位置がシフトしたように観察される。このシフトの様子を顕微鏡付き高速度カメラで観察することで、光路シフト量とその応答時間を測定した。電源から電極対に  $\pm 3 \text{ kV}$ 、 $120 \text{ Hz}$  の矩形波電圧を印加しながら、高速度カメラによる観察（時間分解能40500フレーム/秒）を行ったところ、シフト量は  $7 \mu\text{m}$ 、その移動に要する応答時間は  $1.5 \text{ msec}$  であり、実用上問題無いシフト量と高速応答性を示した。

20

#### 【0123】

(5) 式に示す化合物のような、メチレンスペーサーを有する液晶性アクリレート化合物を重合した場合、側鎖型の液晶ポリマーを形成するため、液晶層の配向安定化の効果は比較的小さいと考えられるが、液晶分子の切換え動作を制限する効果は小さいため、応答速度への影響は少ない。そこで、本実施例のように配向安定性が比較的良好な液晶材料と組合せることで、実用的な応答速度を確保しつつ、長期的な配向安定性を維持することが出来る。

#### 【0124】

この動作を8時間連続で行っても、液晶層の配向状態に変化は見られなかった。また、駆動のオン/オフを繰り返しても、液晶層の配向状態に変化は見られなかった。したがって、光路偏向動作にも劣化などが無く、安定した光路偏向素子が得られた。

30

#### 【0125】

##### (比較例3)

液晶性アクリレート組成物による高分子安定化液晶セルにしなかった以外は、実施例3と同様にした。高速度カメラによる測定では、シフト量は  $9 \mu\text{m}$ 、その移動に要する応答時間は  $1.3 \text{ msec}$  であり、実用上問題無いシフト量と高速応答性を示した。

この動作を8時間連続で行ったところ、有効領域の液晶層中に僅かな白濁部が発生した。この状態で、駆動のオン/オフを繰り返したところ、白濁部が成長した。この状態では素子の光透過率が減少し、光散乱が発生した。

この素子を  $80^\circ\text{C}$  まで加熱して再冷却することで、初期の配向性の良い状態に戻すことができたが、安定した光路偏向素子は得られなかった。

40

#### 【0126】

##### (実施例4)

図9は第2の電極対を有する光路偏光素子を用いた光路偏向装置を示す図である。

同図において符号32は第2の電極を示す。

同図に示すように第2の電極対  $4''$ 、 $4''$  を設けた以外は、実施例1と同様な空セル1'を作成した。実施例1と同様な強誘電液晶性組成物を注入し、実施例2と同様に交流電圧を印加した状態で冷却して、室温でも配向性の良いキラルスマクチックC相を形成した。次に図9に示す光路偏向装置を組み、第2の電極対  $4''$ 、 $4''$  に第2の電源32から  $200 \text{ V/mm}$  の直流電界を印加した状態で同様に光重合を行った。その後、接着剤で封止し

50

、高分子安定化垂直配向強誘電性液晶セルを得た。第2の電極対4"、4"による電界の方向は、光路偏向駆動用の電界と異なる方向であり、図2のようにキラルスマクチックC相の螺旋が解けて液晶分子が駆動時以外の方向に傾斜した状態で高分子安定化されていると考えられる。

#### 【0127】

図10は光路偏向素子の透過光の検出装置を示す模式図である。

同図において、符号33、34は偏光板、35は光検出器をそれぞれ示す。

同図の光路偏光素子1は、図9に示した光路偏向装置に組み込まれた状態で用いられているものとする。ただし、実使用時は電極対4"、4"には電界をかけないので、第2の電源32は外しておく。

10

実施例4で作成した光偏向素子1を用いた図9に示す光路偏向装置を、図10に示すような装置に組み込んで過渡光散乱の時間の強度を測定した。以下の説明においては、図9に示した符号も援用する。

図10(a)は、光路偏光素子1に図9に示した電源31によって所定の電界がかけられ、液晶分子が均一に配列している状態を示す図である。図10(b)は電界の反転時に過渡的に液晶分子の配列が乱れたときの状態を示す図である。

#### 【0128】

無偏光のレーザー光L0を偏光板33を通して図の上下方向の偏光L1として光偏向素子1に入射させる。入射光L1の偏光方向と光偏向素子1の偏向方向が一致するように配置し、光偏向素子1の後にクロスニコルの偏光板34を配置する。図10(a)に示すように、光路偏向素子1に所定の電界がかけられた状態では、光路偏向素子1内の液晶分子が均一に配向し、光路シフト現象は生じるが、偏光面の回転や乱れは生じないため、透過光L1'は後の偏光板34を透過しない。一方、図10(b)に示すように、光路偏向素子1にかけられる電界が反転するときの過渡的状態では、液晶分子の配向が乱れているため偏光面も乱れて、透過光L2は散乱光となり、後の偏光板34を漏れて出てくる紙面に垂直な偏光方向を有する光L3が生じる。この漏れて出てきた光L3の強度と時間を光検出器35で検出することで、過渡光散乱の強度や時間を測定することができる。

20

#### 【0129】

図10に示す光路偏向素子1において、第1電源31から第1電極対4、4に±2000V、100Hzの矩形波電圧を印加し、測定を行ったところ、過渡的な光散乱による漏れ光L3の検出電圧は10mV、漏れ光の検出時間は1msecであった。この駆動条件での光路シフトの様子を実施例1と同様に、開口部が5μm角のマスクパターンを裏面から照明し、その透過光を図9に示した光路偏向素子を通して顕微鏡付き高速度カメラで観察した。

30

#### 【0130】

図11は透過光のパターンの移動の様子を示す図である。

同図において、符号36はマスクパターンの透過光のパターンの位置を示す。開口部が移動する時に、透過光のパターンの位置36は図11に示すように僅かに円弧状の軌跡を描いて第1の位置36aから、中間点36bを経由して第2の位置36cへ移動した。また、移動中も開口ドットは比較的コントラスト良く観察された。したがって、液晶分子の反転時の回転方向が一方向に制御され、反転に伴う過渡光散乱が問題無いレベルであり、この程度の漏れ光強度と時間では実際の光路シフト現象では実用上問題無いと判断した。

40

#### 【0131】

##### (比較例4)

実施例4に対して、第2の電極対に直流電界を印加しないで光重合を行った液晶素子を用いて、同様な過渡光散乱の測定を行った。漏れ光の検出電圧は20mV、漏れ光の検出時間は1.5msecであった。また、開口部の移動過程を高速度カメラで観察したところ、直線状の軌跡を描いた。また、移動中に開口ドットがボケて過渡的な光散乱が起きていることが観察された。液晶分子の反転時の回転方向を制御していないため、反転に伴う過渡光散乱が起きているが、漏れ光の発生時間は比較的短く、実用上許容範囲であると判断

50

した。

【0132】

(実施例5)

図5に類似の4方向シフト装置を作成し、図7に類似の画像表示装置を構成した。以下に示す符号は両図に示した符号に準ずる。画像表示素子24として対角0.9インチXGA(1024×768ドット)のポリシリコン TFT 液晶ライトバルブを用いた。画素ピッチは縦横ともに約18μmである。画素の開口率は約50%である。また、画像表示素子24の光源側にマイクロレンズアレイを設けて照明光の集光率を高める構成とした。本実施例では、光源21としてRGB三色のLED光源を用い、上記の一枚の液晶パネルの画像表示素子24に照射する光の色を高速に切換えてカラー表示を行う、いわゆるフィールドシーケンシャル方式を採用している。

10

【0133】

本実施例では、画像表示のフレーム周波数が60Hz、ピクセルシフトによる4倍の画素増倍のため、サブフィールド周波数は4倍の240Hzとする。一つのサブフレーム内をさらに3色分に分割するため、各色に対応した画像を720Hzで切換える。液晶パネルの画像表示素子24の各色の画像の表示タイミングに合わせて、対応した色のLED光源21をオン/オフすることで、観察者にはフルカラー画像が見える。

光路偏向素子1の基本構成は実施例1と同様である。また、外気の送風ファンを設け、光路偏向素子1の温度が外気温と同じ25°Cとなるように空冷した。

20

【0134】

光路偏向素子を2組用い、入射側を第1光路偏向素子10、出射側を第2光路偏向素子12とした。互いの透明電極ライン4の方向が直交し、画像表示素子24の画素の配列方向に一致するように配置した。本実施例では画像表示素子24の液晶ライトバルブからの出射光が既に直線偏光であり、その偏光方向が第一光路偏向素子10の光路偏向方向と一致するように配置されているが、光路偏向素子への入射光の偏光度を確実にするために、光路偏向素子10の入射面側に偏光方向規制手段として直線偏光板を設けた。

【0135】

さらに、第1、第2光路偏向素子の間に偏光面回転素子11'を設けた。偏光面回転素子11'は、2枚のガラス基板(3cm×4cm、厚さ3mm)上にポリイミド系の配向材料をスピンドルトし、約0.1μmの配向膜を形成した。ガラス基板のアニール処理後、ラビング処理を行った。2枚のガラス基板の周辺部に8μm厚のスペーサを挟んでラビング処理面を対向させ、ラビング方向が直交するように両基板を張り合わせて空セルを作製した。このセルの中に、誘電率異方性が正のネマチック液晶にカイラル材を適量混合した材料を常圧下で注入し、液晶分子の配向が90度捻じれたTN液晶セルを作成した。

30

【0136】

このセルには電極を設けていないため、単なる偏光回転素子11'として機能する。また、両光路偏向素子10、12のアルミ電極間での放電を防止する。第1光路偏向素子10から出射した光の偏光面と偏光回転素子11'の入射面のラビング方向が一致するよう、2つの光路偏向手段の間に挟んで配置した。偏光面回転素子11'により第1光路偏向素子10からの出射光の偏光面が90度回転し、第2光路偏向素子12の偏向方向に一致する。第1光路偏向素子10、偏光面回転素子11'、第2光路偏向素子12からなる光偏向装置29を画像表示素子24の直後に設置した。

40

【0137】

光路偏向素子10、12を送風ファンで約25°Cに冷却し、光路偏向素子10、12を駆動する矩形波電圧の電圧を±3kV(平均電界は±300V/mm)、周波数を120Hzとし、2枚の光路偏向素子にかける矩形波の位相を図6で示したように90度ずらして、4方向に画素シフトするように駆動タイミングを設定した。この駆動電圧では光路シフト量は約9μmで、1/2画素分だけ画素がシフトして表示される。

【0138】

画像表示素子24に表示するサブフィールド画像を240Hzで書き換えることで、縦横

50

2方向に見かけ上の画素数が各2倍に増倍したフレーム周波数60Hzの画像が表示できた。画像中央から端部まで画素シフト量は均一であり、高精細な画像が得られた。光路偏向素子10、12の切換え時間は約1msecであり、充分な光利用効率が得られた。また、フリッカーなどは観測されなかった。さらに8時間の連続運転後も高精細な画像を維持していた。

【0139】

(比較例5)

光路偏向素子1として液晶層厚10μmのツイストネマチック液晶セルによる旋光素子と、LiNbO<sub>3</sub>の複屈折素子を組み合わせた素子を使用した以外は実施例5と同様にした。実施例5と同様に符号は図5、7を援用する。

10

2組の光路偏向素子10、12を用いて、両者の間に実施例5と同様な偏光面回転素子11'を設けた。光路偏向素子10、12を送風ファンで約25℃に冷却し、光偏向素子10、12を駆動する矩形波電圧の電圧を±10V、周波数を120Hzとし、2枚の光路偏向素子10、12にかける矩形波の位相を90度ずらして、4方向に画素シフトするように駆動タイミングを設定した。

【0140】

この駆動電圧では光路シフト量は約9μmで、1/2画素分だけ画素がシフトして表示されるが、この光路偏向素子10、12の応答速度は15msecであり、120Hzの高速駆動には応答できなかった。そこで、光路偏向素子10、12を60Hzで駆動し、画像表示素子24に表示するサブフィールド画像を120Hzで書き換えることで、縦横2方向に見かけ上の画素数が各2倍に増倍したフレーム周波数30Hzの画像が表示できた。しかし、フリッカーなどが観測された。また、光路シフト量の波長依存性が大きく、シフト位置外にゴースト画素が発生した。

20

【0141】

【発明の効果】

基板間に充填されたホメオトロピック配向をなすキラルスマクチックC相の液晶層が、纖維状、あるいは網目状の組織を含有するため、配向状態が安定化し、繰り返しの使用においても配向が乱れることがなくなる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施形態を説明するための光路偏向素子の断面模式図である。

30

【図2】光偏向動作時とは異なる方向の直流電界を印加しながら高分子重合させる様子を示す模式図である。

【図3】高分子材料として液晶性ポリマーを用いた場合の液晶層の状態を示す模式図である。

【図4】光路偏向素子への入射光の偏光方向を特定の方向に規制する手段を有する光路偏向装置の概要を示す図である。

【図5】光路偏向素子の組み合わせによる4方向シフト装置の構成を説明するための概略図である。

【図6】4方向シフト装置の駆動の一例を示すタイミングチャートである。

【図7】光路偏向素子を用いた画像表示装置の概要図である。

40

【図8】光路偏向素子の動作を確認するための試験装置を示す図である。

【図9】第2の電極対を有する光路偏光素子を用いた光路偏向装置を示す図である。

【図10】光路偏向素子の透過光の検出装置を示す模式図である。

【図11】透過光のパターンの移動の様子を示す図である。

【図12】光路偏向素子の断面を模式的に示した図である。

【図13】異なる電極構成の例を示す図である。

【図14】図12に示した構成に関して電界方向と液晶分子の傾斜方向を模式的に示した図である。

【図15】図14の状態から電界が反転したときの様子を示す模式図である。

【図16】液晶分子の配向状態と光路偏向の原理を模式的に示した図である。

50

【図17】図16において電界を反転させた状態を模式的に示した図である。

【図18】スマクチックC相における配向欠陥の発生を説明するための図である。

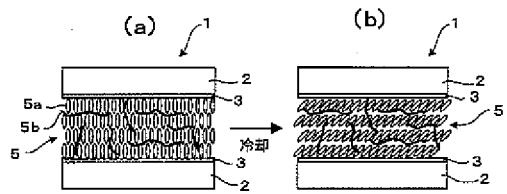
【図19】図14、15と同様に光路偏向素子内の液晶分子の傾斜状態を示した図である。

【符号の説明】

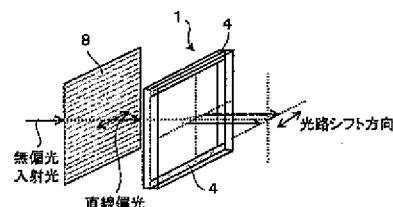
1、10、12 光路偏向素子  
 2 基板  
 3 垂直配向膜  
 4 電極  
 5 液晶層  
 7 スペーサ  
 8 直線偏光板  
 9 4方向シフト装置  
 11 2分の1波長板

10

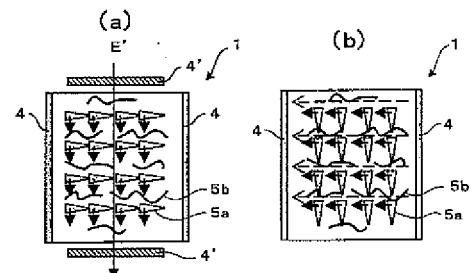
【図1】



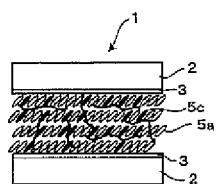
【図4】



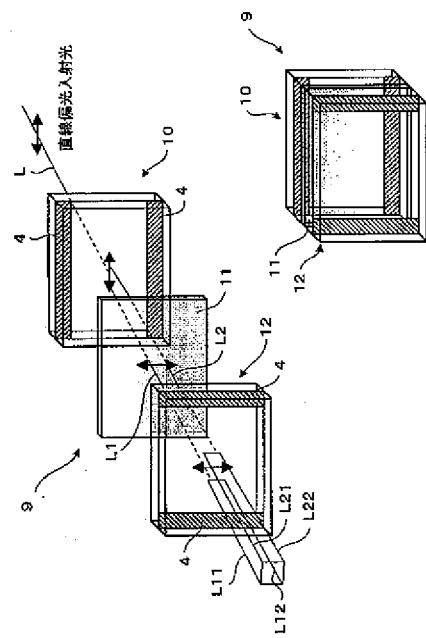
【図2】



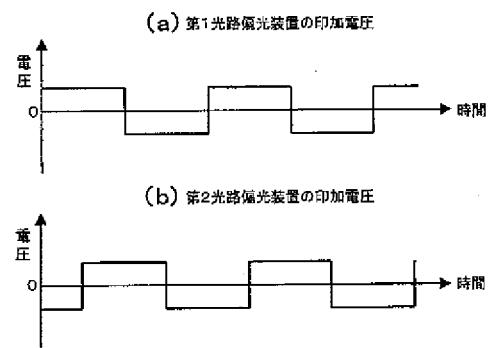
【図3】



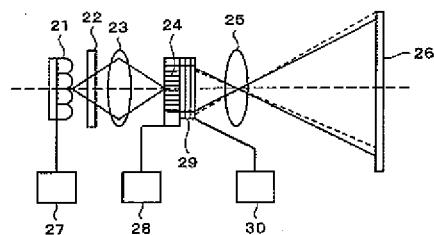
【図 5】



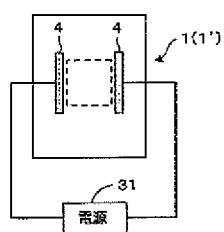
【図 6】



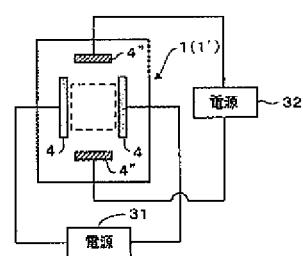
【図 7】



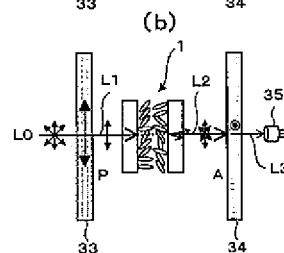
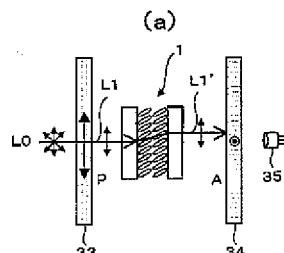
【図 8】



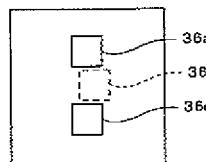
【図 9】



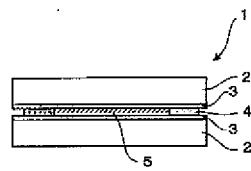
【図 10】



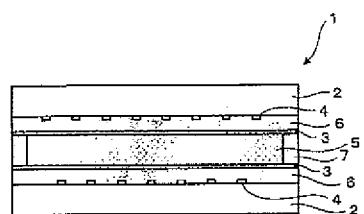
【図 11】



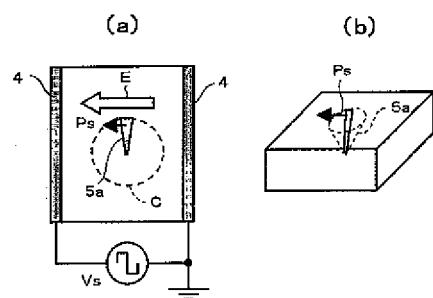
【図1-2】



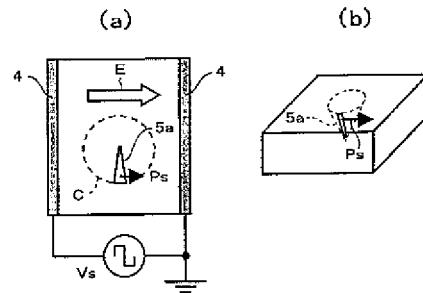
【図1-3】



【図1-4】

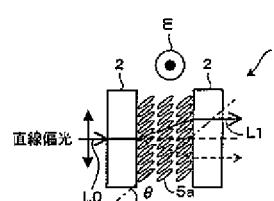


【図1-5】

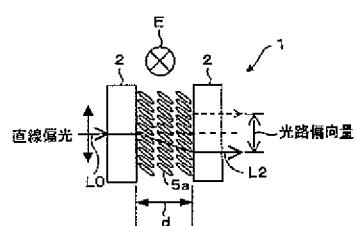


(b)

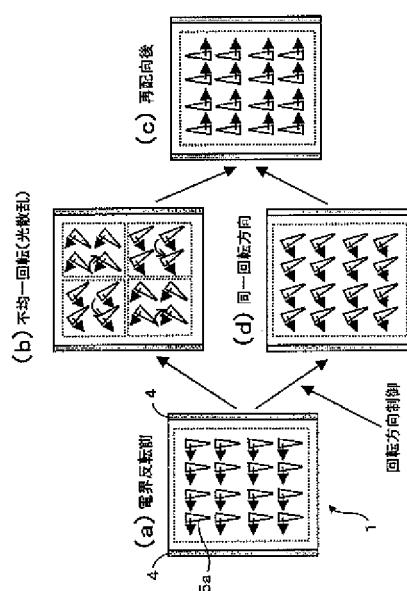
【図1-6】



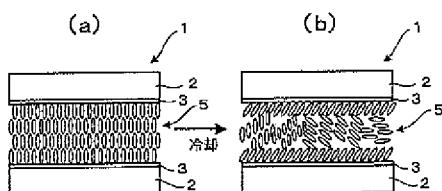
【図1-7】



【図1-9】



【図1-8】



(a)

(b)

---

フロントページの続き

(72)発明者 小林 正典

東京都大田区中馬込1丁目3番6号・株式会社リコー内

(72)発明者 松木 ゆみ

東京都大田区中馬込1丁目3番6号・株式会社リコー内

Fターム(参考) 2H088 EA44 EA45 EA47 GA04 GA10 HA05 HA15 JA04 MA10 MA11

MA16 MA18

2H089 HA04 JA04 KA08 KA19 QA03 QA11 QA12 QA15 TA07 UA00

UA03 UA05

2K002 AA07 AB06 AB07 AB10 BA06 CA14 DA14 EB02